
Bundesamt für Strassen ASTRA

Auswirkungen von Abschnittsgeschwindigkeitskontrollen (AGK) auf das Fahrverhalten und Unfallgeschehen



Fachberatung und wissenschaftliche Begleitung der Pilotanlagen im Rahmen des Projekts Enforcement Nationalstrassen (ENFON)

Management Summary

Ausgangslage

Das Bundesamt für Strassen (ASTRA) hat im Herbst 2007 das Projekt ENFON („Enforcement Nationalstrassen“) gestartet. Ziel des Projekts ist eine einheitliche Beurteilung von kantonalen Begehren zu fest mit den Nationalstrassen verbundenen Enforcementanlagen. Im Rahmen eines Teilprojekts innerhalb des Projekts ENFON wird in einem Pilotversuch die Wirkung von Abschnittsgeschwindigkeitskontrollanlagen (AGK) auf das Fahrverhalten und Unfallgeschehen untersucht. Der Pilot soll zeigen, in wie fern AGK zur Verbesserung oder zumindest zur Aufrechterhaltung der Verkehrssicherheit auf Nationalstrassen beitragen können und somit eine Alternative zu konventionellen Anlagen darstellen. Zu diesem Zweck wurden die Pilotversuche von einer umfangreichen Messkampagne begleitet. Als Pilotabschnitte wurden der Arisdorftunnel auf der A2 in Fahrtrichtung Luzern sowie eine besonders unfallträchtige Strecke im Kanton Waadt auf der A9 zwischen Aigle und Bex-Nord in Fahrtrichtung Sion gewählt.

Generelle Erkenntnisse aus den Feldversuchen

Im Rahmen der begleitenden Messkampagne konnten die Auswirkungen der beiden AGK Pilotanlagen „A2 Arisdorftunnel“ und „A9 Aigle – Bex-Nord“ auf das Fahrverhalten anhand von Vorher-/Nachher-Vergleichen detailliert untersucht werden. Dabei hat sich gezeigt, dass mit der Anordnung der AGK das Geschwindigkeitsverhalten der Verkehrsteilnehmer grundsätzlich positiv beeinflusst worden ist. Mit der AGK konnte eine Harmonisierung der Geschwindigkeiten über den gesamten Abschnitt erreicht werden. Der Verkehrsablauf ist insgesamt homogener geworden, was sich im Rückgang der Standardabweichungen der mittleren Geschwindigkeiten sowie in der Abnahme der Durchschnittsgeschwindigkeit manifestierte.

Die im Vorfeld der Pilotversuche befürchteten negativen Effekte auf das Fahrverhalten haben sich nicht bestätigt. So konnten keinerlei Indizien dafür gefunden werden, dass das AGK Eintrittsportal oder das AGK Austrittsportal zusammen mit dem Fahrererkennungssystem mit einer herkömmlichen Punktkontrolle verwechselt wird. In diesen Bereichen konnten keine übermässigen und unerwünschten Verzögerungsvorgänge festgestellt werden. Ebenso wenig hat sich die Befürchtung bestätigt, dass es innerhalb des Kontrollabschnitts zu Kompensationseffekten in der Geschwindigkeitswahl kommen könnte. Diesbezügliche Verhaltensmuster liessen sich nicht nachweisen. In Bezug auf das Abstandsverhalten, welches nur für den Pilotabschnitt „A2 Arisdorftunnel“ ausgewertet werden konnte, lassen die Ergebnisse einen gewissen Interpretationsspielraum offen. Zwar sind die mittleren Zeitlücken in der Nachher-Phase tendenziell grösser geworden, ein eindeutiger Zusammenhang mit der Installation der AGK konnte jedoch weder nachgewiesen noch ausgeschlossen werden.

Pilotabschnitt „A2 Arisdorftunnel“

Obwohl der Verkehrsablauf im Pilotabschnitt „A2 Arisdorftunnel“ bereits in der Vorher-Phase – insbesondere innerhalb des Tunnels – schon sehr homogen war, bewirkte die AGK eine Reduktion der Standardabweichungen im Kontrollabschnitt von bis zu 1.2 km/h auf dem Normalfahrstreifen bzw. von bis zu 1.8 km/h auf dem Überholfahrstreifen. Dabei fand nicht nur im Quervergleich sondern auch im Längsverlauf innerhalb des Kontrollabschnitts eine zunehmende Homogenisierung der Geschwindigkeitsverteilungen statt.

Während sich die mittleren Geschwindigkeiten aller Fahrzeuge in der Nachher-Phase sowohl im Vorlauf als auch im Nachlauf leicht erhöht haben, reduzierten sich die mittleren Geschwindigkeiten aller Fahrzeuge im Kontrollabschnitt auf dem Normalfahrstreifen um durchschnittlich 0.6 km/h auf 91.0 km/h, auf dem Überholfahrstreifen um durchschnittlich 1.3 km/h auf 96.4 km/h. Ein Rückgang konnte auch im Bereich des AGK Eintrittsportals verzeichnet werden, wo die mittleren Geschwindigkeiten auf dem Normalfahrstreifen um 0.5 km/h auf 89.2 km/h und auf dem Überholfahrstreifen um 2.0 km/h auf 95.8 km/h abnahmen. Die grössten Veränderungen fanden am Ende des Kontrollabschnitts bzw. im Bereich des AGK Austrittsportals statt, wo sich die mittleren Geschwindigkeiten auf dem Normalfahrstreifen um durchschnittlich 4.2 km/h auf 95.4 km/h und auf dem Überholfahrstreifen um durchschnittlich 9.9 km/h auf 103.0 km/h reduzierten. Im Gegensatz zur Vorher-Phase, wo bereits unmittelbar nach dem Tunnelaustrittsportal wieder beschleunigt wurde, findet der Beschleunigungsvorgang in der Nachher-Phase deutlich weniger ausgeprägt erst nach Passieren des Fahrererkennungssystems statt.

Ähnlich wie bei den mittleren Geschwindigkeiten sind auch die Übertretungsquoten im Vor- und Nachlauf generell leicht angestiegen. Innerhalb des Kontrollabschnitts konnte aber bei allen untersuchten Fahrzeuggruppen ein Rückgang bei den Übertretungsquoten festgestellt werden. Bei den Personewagen beispielsweise reduzierten sich die Übertretungen innerhalb des Kontrollabschnitts um durchschnittlich 34% auf dem Normalfahrstreifen und um 29% auf dem Überholfahrstreifen. Besonders deutlich war dabei der Rückgang bei denjenigen Fahrzeugen, welche die Limite um mehr als 10 km/h überschritten. Deren Anteile gingen auf beiden Fahrstreifen um durchschnittlich 55% zurück.

Bei den Lastwagen und leichten Anhängergespannen, welche maximal 80 km/h fahren dürfen, sind die Anteile der Übertretungen bis 10 km/h aber nach wie vor sehr hoch. Grund dafür ist, dass die AGK momentan so eingestellt ist, dass ein Geschwindigkeitsverstoss erst bei Erreichen der zweiten Ordnungsbussenstufe (6 bis 10 km/h über der Limite) unter Berücksichtigung des gesetzlich vorgeschriebenen Sicherheitsabzugs von 5 km/h (bei Messwerten bis 100 km/h) geahndet wird. Somit werden momentan nur diejenigen Lastwagen und leichten Anhängergespanne „geblitzt“, welche im Kontrollabschnitt eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 91 km/h und darüber erreichen. Bei den Reisebussen und Cars wurden hingegen in beiden Versuchsphasen praktisch keine Übertretungen um mehr als 10 km/h registriert.

Hinsichtlich Unfallgeschehen ist seit Inbetriebnahme der AGK tendenziell ein Rückgang bei den Unfällen und Verunfallten erkennbar. Für eine aussagekräftige Beurteilung der Auswirkungen der AGK auf das Unfallgeschehen muss der Betrachtungszeitraum jedoch wesentlich länger sein als die bisherigen 6 Monate, damit die Stichprobengrösse den Anforderungen der statistischen Tests genügt. Repräsentative Ergebnisse liegen somit frühestens 2013 vor.

Pilotabschnitt „A9 Aigle – Bex-Nord“

Im Rahmen der begleitenden Messkampagne sollte der Pilotabschnitt „Freie Strecke“ ursprünglich wie der Pilotabschnitt „Tunnel“ ebenfalls mit fest installierten Messquerschnitten zur permanenten Verkehrsdatenerfassung ausgerüstet werden. Ausserdem war vorgesehen, auch auf diesem Abschnitt eine fest installierte AGK einzurichten. Aus diversen Gründen verzögerten sich einerseits die Installation der permanenten Messquerschnitte und andererseits die Installation der AGK selbst, so dass im Laufe des Projekts entschieden wurde, auf diesem Abschnitt als Übergangslösung Seitenradargeräte und die für Baustellenbereiche vorgesehene semi-portable AGK einzusetzen, um über entsprechende Datengrundlagen zu verfügen – wenn auch im Vergleich zum Pilotabschnitt „Tunnel“ in stark reduziertem Umfang.

Die Anordnung der AGK führte in allen Messquerschnitten zu einer wesentlichen Reduktion der Standardabweichungen. Bereits in der Vorlaufstrecke konnte ein Rückgang um 0.9 km/h festgestellt werden. Im Bereich des AGK Eintrittsquerschnitts reduzierte sich die Standardabweichung um 2.4 km/h. Innerhalb des Kontrollabschnitts bewegt sich die Abnahme zwischen 1.8 und 2.2 km/h. Beim AGK Austrittsquerschnitt mit dem Fahrererkennungssystem sowie in der Nachlaufstrecke traten mit 2.5 km/h die grössten Reduktionen der Standardabweichungen auf, in einer ähnlichen Grössenordnung wie beim AGK Eintrittsquerschnitt. Die AGK hat somit nicht nur innerhalb des Kontrollabschnitts sondern auch im Vor- und Nachlauf zu einem deutlich homogeneren Verkehrsablauf geführt.

Entsprechend ausgeprägt ist auch der Rückgang bei den mittleren Geschwindigkeiten. Innerhalb des Kontrollabschnitts konnte eine durchschnittliche Reduktion der mittleren Geschwindigkeit um 4.7 km/h auf 114.5 km/h erreicht werden. Bereits in der Vorlaufstrecke trat eine Reduktion um 2.5 km/h auf 119.3 km/h ein. Die grössten Unterschiede im Vorher/Nachher-Vergleich wurden im AGK Eintrittsquerschnitt (Abnahme von 5.6 km/h auf 115.8 km/h) und im AGK Austrittsquerschnitt (Abnahme von 6.0 km/h auf 114.0 km/h) festgestellt.

Bei den Übertretungsquoten von leichten Motorfahrzeugen konnte bereits im Vorlauf (-38%) und insbesondere im Bereich des AGK Eintrittsquerschnitts (-48%) und des AGK Austrittsquerschnitts (-46%) ein markanter Rückgang festgestellt werden. Auch innerhalb des Kontrollabschnitts ging der Anteil der Übertretungen um 28% bis 46% zurück. Noch eindrücklicher ist der Rückgang bei den um mehr als 10 km/h zu schnell fahrenden Fahrzeugen, deren Anteile sich im Bereich des AGK Eintrittsquerschnitts um 75% und im Austrittsquerschnitt sogar um 79% reduzierten, innerhalb des Kontrollabschnitts trat eine Reduktion von mehr als 60% ein.

In Bezug auf das Unfallgeschehen konnten noch keine signifikanten Auswirkungen festgestellt werden, da der Untersuchungszeitraum mit einer 1-monatigen Nachher-Phase eindeutig zu kurz und die Stichprobengrösse zu klein war. Auch hier ist eine aussagekräftige Beurteilung der Auswirkungen der AGK auf das Unfallgeschehen frühestens 2013 möglich.

Empfehlungen und weiterer Untersuchungsbedarf

Die bislang mit den beiden AGK Pilotanlagen gemachten Erfahrungen in Bezug auf das Geschwindigkeitsverhalten sind durchwegs als positiv zu beurteilen. Auf Grund der erst relativ kurzen Betriebsdauer lassen sich aber hinsichtlich des Unfallgeschehens noch keine signifikanten Aussagen treffen. Die laufenden Pilotversuche sollten daher fortgesetzt werden, um die Auswirkungen auf das Unfallgeschehen über einen Nachher-Zeitraum von mindestens zwei Jahren analysieren zu können. Im Rahmen einer solchen Langzeitanalyse liesse sich auch die Nachhaltigkeit der bislang positiven Ergebnisse zum Fahrverhalten überprüfen. Grundsätzlich spricht nichts gegen eine Ausweitung der Pilotversuche auf andere Standorte wie beispielsweise Baustellenbereiche auf Hochleistungsstrassen, die ein besonders hohes Gefahrenpotential aufweisen.

Obwohl die Übertretungsquoten nach Installation der AGK nachweislich reduziert werden konnten, ist die absolute Zahl der Übertretungen bei gewissen Fahrzeuggruppen – insbesondere bei den Lastwagen – nach wie vor sehr hoch. Bei dieser Fahrzeuggruppe ist augenfällig, dass die durch die Ordnungsbussenstufe sowie den Sicherheitsabzug gewährte Toleranz bis ans Limit ausgenützt wird. Während die Festlegung der Ordnungsbussenstufe eine rein betriebliche (und politische) Frage ist, hat der geltende Sicherheitsabzug von 5, 6 bzw. 7 km/h einen technischen Hintergrund. Damit sollen allfällige Messungenauigkeiten kompensiert werden. Der effektive Messfehler der AGK liegt aber deutlich unter diesen Werten. Rein technisch betrachtet könnte der Sicherheitsabzug auf 3 km/h reduziert werden.

Von den zu Projektstart formulierten Arbeitshypothesen konnte im Rahmen der vorliegenden Untersuchung bislang nachgewiesen werden, dass sich mit der Anordnung einer AGK der Verkehrsablauf über einen längeren Abschnitt homogenisieren lässt. In wie fern sich diese Verbesserung auch in der Unfallentwicklung positiv niederschlägt, kann erst nach einer längeren Betriebsdauer beurteilt werden.

Die mit den Pilotanlagen gewonnenen Erkenntnisse erlauben bislang noch keine allgemein gültige Quantifizierung der generellen Zusammenhänge zwischen der Veränderung bzw. dem Rückgang der Geschwindigkeiten und dem Unfallgeschehen. Mit nur zwei Untersuchungsobjekten und unter Berücksichtigung der erst kurzen Betriebsdauer der Anlagen lassen sich die Zusammenhänge noch nicht verallgemeinern. Nach wie vor fehlt eine objektive Bewertungsmethodik, mit welcher sich Standorte für geplante Enforcementanlagen hinsichtlich ihrer Zweckmässigkeit zuverlässig beurteilen und die zu erwartenden Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit und den Verkehrsablauf quantifizieren lassen.

Ebenfalls noch keine Aussagen können über die Wirkung einer AGK auf die Leistungsfähigkeit des betreffenden Streckenabschnitts getroffen werden, da sich das Verkehrsaufkommen auf beiden Pilotabschnitten unter normalen Betriebsbedingungen unterhalb der Leistungsgrenze bewegt und Störungen im Verkehrsfluss praktisch ausgeschlossen sind. Bei weiteren Versuchen sollten dieser Aspekt bei der Standortwahl unbedingt berücksichtigt werden. Ausländische Erfahrungen mit AGK konnten auf hoch belasteten Abschnitten bereits einen Anstieg der Leistungsfähigkeit in folge einer signifikanten Homogenisierung des Verkehrsflusses aufzeigen.

Entsprechende Quantifizierungswerkzeuge zur Beurteilung der Auswirkungen von geplanten Enforcementanlagen auf die Verkehrssicherheit und den Verkehrsablauf müssten im Rahmen weiterer Vorher/Nachher-Untersuchungen erarbeitet werden, gestützt auf empirischen Erhebungen zum Geschwindigkeits- und Fahrverhalten sowie anhand von Auswertungen der Unfallstatistik. Diese Arbeiten könnten beispielsweise im Rahmen eines Forschungsauftrages im Strassenwesen des UVEK durchgeführt werden.

Effets du contrôle de la vitesse par tronçon sur la conduite et les accidents

Management Summary

Situation initiale

En automne 2007, l'Office fédéral des routes (OFROU) a lancé le projet ENFON (« Enforcement Nationalstrassen »), qui a pour but une évaluation uniforme des demandes cantonales concernant les installations fixes de contrôle de vitesse sur les routes nationales. Dans le cadre d'un sous-projet, un essai pilote est réalisé afin d'analyser les effets du contrôle de la vitesse par tronçon (CVT) sur la conduite et les accidents. Cette expérience doit montrer dans quelle mesure le CVT peut contribuer à améliorer ou du moins à stabiliser la sécurité routière sur les routes nationales et offrir ainsi une alternative aux installations classiques. Elle est accompagnée à cette fin d'une vaste campagne de mesures. Deux tronçons pilotes ont été choisis: le tunnel d'Arisdorf sur l'A2 en direction de Lucerne ainsi qu'un tronçon particulièrement accidentogène sur l'A9 entre Aigle et Bex-Nord, dans le canton de Vaud, en direction de Sion.

Conclusions générales des essais in situ

Dans le cadre de la campagne de mesures accompagnant le projet, les effets produits par les deux installations CVT « A2 Tunnel d'Arisdorf » et « A9 Aigle – Bex-Nord » sur la conduite ont pu être analysés en détail au moyen de comparaisons avant-après. Il s'est avéré que la mise en place du CVT a eu globalement une influence positive sur le comportement des usagers de la route en termes de vitesse. Le CVT a permis d'harmoniser les vitesses sur l'ensemble du tronçon. Le flux de trafic est devenu globalement plus homogène, ce qui s'est traduit par un recul des écarts types des vitesses moyennes des véhicules en un point de mesure donné ainsi que par une diminution de la vitesse moyenne par véhicule sur le tronçon.

Les craintes exprimées avant la réalisation des essais pilotes quant aux effets négatifs sur le comportement des conducteurs ne se sont pas confirmées. Au vu des résultats, rien n'indique par exemple que le portail d'entrée ou le portail de sortie CVT couplé au système d'identification des conducteurs soit confondu avec un radar classique contrôlant la vitesse en un seul point. Dans ces secteurs, aucun phénomène indésirable de ralentissement excessif n'a été constaté. De même, la crainte de voir apparaître sur le tronçon contrôlé des effets de compensation dans le choix de la vitesse ne s'est pas non plus confirmée. Ce type de comportement n'a pas pu être mis en évidence. S'agissant du comportement en termes de distance de sécurité, qui n'a pu être évalué que pour le tronçon pilote du tunnel d'Arisdorf sur l'A2, les résultats autorisent une certaine liberté d'interprétation. Certes, les distances entre les véhicules ont eu tendance à s'allonger après la mise en place du CVT, mais il n'a pas été possible de prouver ni d'exclure un lien évident avec ce dispositif.

Tronçon pilote « A2 Tunnel d'Arisdorf »

Bien que le déroulement du trafic sur le tronçon pilote « A2 Tunnel d'Arisdorf » fût déjà très homogène – en particulier à l'intérieur du tunnel – avant même la mise en place du CVT, celui-ci a entraîné une réduction des écarts types pouvant atteindre 1,2 km/h sur la voie de droite et 1,8 km/h sur la voie de dépassement. Il en a résulté une homogénéisation croissante des répartitions de vitesse sur le tronçon soumis au contrôle, non seulement par comparaison avant-après en un point donné mais aussi sur toute la longueur du tronçon pilote.

Alors que les vitesses moyennes de tous les véhicules ont légèrement augmenté après la mise en place du CVT en amont et en aval du dispositif, elles ont baissé sur le tronçon contrôlé de 0,6 km/h en moyenne sur la voie de droite et de 1,3 km/h en moyenne sur la voie de dépassement, pour atteindre respectivement 91,0 et 96,4 km/h. Une diminution a également été enregistrée dans le secteur du portique d'entrée CVT, où les vitesses moyennes ont baissé de 0,5 km/h sur la voie de droite et de 2,0 km/h sur la voie de dépassement pour s'établir respectivement à 89,2 et 95,8 km/h. Les plus grands changements sont intervenus à la fin du tronçon contrôlé, autrement dit dans le secteur du portique de sortie, où les vitesses moyennes ont diminué en moyenne de 4,2 km/h sur la voie de droite et de 9,9 km/h sur la voie de dépassement pour atteindre 95,4 km/h sur la première et 103,0 km/h sur la seconde. Alors qu'avant la mise en place du CVT, les conducteurs accéléraient de nouveau dès le franchissement du portail de sortie du tunnel, ce phénomène est beaucoup moins marqué après et n'intervient qu'une fois le système d'identification des conducteurs passé.

Comme les vitesses moyennes, le nombre d'infractions en amont et en aval du dispositif a légèrement augmenté de manière générale. Par contre, il a reculé sur le tronçon contrôlé eux-mêmes pour tous les groupes de véhicules examinés. Pour les voitures de tourisme, par exemple, cette diminution se chiffre en moyenne à 34% sur la voie de droite et à 29% sur la voie de dépassement. Elle est particulièrement nette pour les véhicules qui dépassent de plus de 10 km/h la limite autorisée. Leur proportion a reculé en effet de 55% en moyenne sur les deux voies de circulation.

S'agissant des poids lourds et des véhicules légers avec remorque, dont la vitesse maximale autorisée est de 80 km/h, le nombre d'excès de vitesse de 10 km/h maximum reste très élevé. La raison en est que pour le moment, le CVT est paramétré de telle façon qu'un non respect de la limitation de vitesse n'est sanctionné que si le deuxième échelon d'amende (6 à 10 km/h au-dessus de la limite) est atteint, compte tenu de la marge de sécurité de 5 km/h prescrite par la loi (pour les valeurs mesurées inférieures ou égales à 100 km/h). Il en résulte que seuls sont « flashés » les poids lourds et les véhicules légers avec remorque qui atteignent une vitesse moyenne de 91 km/h et plus sur le tronçon contrôlé. S'agissant des cars de tourisme, en revanche, pratiquement aucun excès supérieur à 10 km/h n'a été enregistré au cours des deux phases expérimentales.

En ce qui concerne le nombre d'accidents et d'accidentés, une tendance au recul est perceptible depuis la mise en service du CVT. Une évaluation pertinente des effets du CVT sur les accidents suppose toutefois une période d'observation nettement plus longue que les 6 mois actuels, afin que la taille de l'échantillonnage satisfasse aux exigences des tests statistiques. Des résultats représentatifs devraient donc être obtenus au plus tôt en 2013.

Tronçon pilote « A9 Aigle – Bex-Nord »

Dans le cadre de la campagne de mesures accompagnant le projet, le tronçon pilote « tronçon ouvert » devait initialement être équipé, comme le tronçon pilote « tunnel », de points de mesure fixes afin de permettre une saisie permanente des données de circulation. En outre, il était prévu d'installer un CVT fixe sur ce tronçon également. Pour diverses raisons, l'installation des points de mesure permanents et du CVT lui-même a pris du retard, de sorte qu'une solution provisoire a été décidée en cours de projet, à savoir la mise en place de radars latéraux et de l'installation CVT semi-portative prévue pour les zones de chantier. Le but est de disposer de données de base, ne serait-ce qu'en quantité réduite par rapport au tronçon pilote « tunnel ».

La mise en place du CVT a conduit à une diminution importante des écarts types sur tous les points de mesure. Sur le tronçon situé en amont du tronçon contrôlé, un recul de 0,9 km/h a été constaté. Dans le secteur du point de mesure à l'entrée du CVT, l'écart type a diminué de 2,4 km/h. Sur le tronçon

contrôlé lui-même, la diminution se situe entre 1,8 et 2,2 km/h. Les réductions les plus importantes ont été observées dans le secteur du point de mesure à la sortie du CVT, où se situe le système d'identification des conducteurs, ainsi que sur le tronçon situé en aval du tronçon contrôlé. Elles atteignent 2,5 km/h, une valeur de l'ordre de celles constatées dans le secteur du point de mesure à l'entrée du CVT. On constate donc que le CVT a permis une nette homogénéisation du flux de trafic non seulement sur le tronçon contrôlé lui-même mais aussi en amont et en aval.

Le recul est également marqué du côté des vitesses moyennes. Sur le tronçon contrôlé, il atteint 4,7 km/h, ce qui ramène la vitesse moyenne à 114,5 km/h. Dès le secteur situé en amont du dispositif, une diminution de 2,5 km/h a été enregistrée, soit une vitesse moyenne de 119,3 km/h. Dans le cadre de la comparaison avant-après, les différences les plus importantes ont été relevées dans le secteur du point de mesure à l'entrée du CVT (vitesse de 115,8 km/h, en baisse de 5,6 km/h) et dans celui du point de mesure à la sortie du CVT (vitesse de 114,0 km/h, en baisse de 6,0 km/h).

S'agissant du nombre d'infractions commises à bord de véhicules automobiles légers, un recul significatif a été observé déjà en amont du dispositif (-38%) et plus particulièrement dans le secteur du point de mesure à l'entrée du CVT (-48%) ainsi que dans celui du point de mesure à la sortie (-46%). Sur le tronçon contrôlé également, le taux des infractions enregistre une baisse de l'ordre de 28 % à 46 %. La diminution est encore plus impressionnante pour les véhicules en excès de vitesse supérieur à 10 km/h, dont la proportion a baissé de 75 % dans le secteur du point de mesure à l'entrée du CVT et même de 79 % dans le secteur du point de mesure à la sortie du CVT; sur le tronçon contrôlé lui-même, la diminution est supérieure à 60 %.

Du point de vue des accidents, aucun effet significatif n'a pu être constaté jusqu'ici, étant donné que la période d'évaluation était nettement trop courte (phase postérieure d'un mois) et que l'échantillon était trop petit. Là encore, une évaluation pertinente des effets du CVT sur les accidents devrait être possible au plus tôt en 2013.

Recommandations et autres aspects à étudier

Les expériences faites jusqu'ici avec les deux installations pilotes CVT en matière de vitesse sont tout à fait positives. Compte tenu de la durée relativement courte de la première période d'exploitation, il n'est toutefois pas possible de tirer des conclusions pertinentes en ce qui concerne les accidents. Les essais en cours devraient donc être poursuivis afin de pouvoir analyser les effets durant une période postérieure d'au moins deux ans, ce qui permettrait également de vérifier si les résultats positifs constatés en matière de conduite s'avèrent durables. En principe, rien ne s'oppose à une extension des essais pilotes à d'autres emplacements, par exemple des zones de chantier sur des routes à grand débit, qui présentent un danger potentiel élevé.

Même s'il est avéré que l'installation du CVT a fait baisser le nombre d'infractions, celui-ci reste très élevé en chiffres absolus pour certains groupes de véhicules, en particulier les poids lourds. Pour ce groupe de véhicules, il est évident que la tolérance permise par l'échelonnement des amendes et la marge de sécurité est exploitée jusqu'à ses limites. Alors que la fixation des échelons d'amende est une question purement pratique (et politique), la marge de sécurité en vigueur de 5, 6 ou 7 km/h se justifie du point de vue technique. Elle est destinée à compenser d'éventuelles erreurs de mesure. Reste que l'erreur de mesure effective du CVT se situe nettement en dessous de ces valeurs. D'un point de vue purement technique, la marge de sécurité pourrait être ramenée à 3 km/h.

La présente étude a permis jusqu'ici d'établir que la mise en place d'un CVT avait pour effet d'homogénéiser le flux de trafic sur un tronçon relativement long, confirmant ainsi l'une des hypothèses de travail formulées au début du projet. Dans quelle mesure cette amélioration aura-t-elle également une influence positive sur l'évolution du nombre d'accidents? Seule une prolongation de la durée d'exploitation permettra de le déterminer.

Les enseignements tirés jusqu'ici de l'exploitation des installations pilotes ne permettent pas une quantification générale des liens entre la diminution de la vitesse et les accidents. Il n'est pas encore possible de faire une généralisation en la matière sur la base de deux objets d'évaluation uniquement et compte tenu de la brève durée d'exploitation des installations. Il manque aujourd'hui encore une méthodologie d'évaluation objective grâce à laquelle on pourrait évaluer en toute fiabilité l'adéquation des emplacements pour les installations de contrôle prévus et quantifier les résultats à attendre pour la sécurité routière et le déroulement du trafic.

Il est de même encore impossible de tirer des conclusions au sujet de l'impact d'un CVT sur la capacité de l'un ou l'autre des tronçons considérés, étant donné que le flux de trafic sur ces deux tronçons pilotes se situe en dessous de la limite de capacité en conditions d'exploitation normales et que des perturbations du trafic sont quasiment exclues. Lors de futurs essais, cet aspect devrait impérativement être pris en compte pour le choix des emplacements. A l'étranger, l'expérimentation du CVT sur des tronçons très chargés a déjà mis en évidence une augmentation de la capacité grâce à une homogénéisation significative du flux de trafic.

Il conviendrait d'élaborer les outils de quantification permettant d'évaluer les effets des installations de contrôle prévues sur la sécurité routière et le déroulement du trafic. Pour ce faire, d'autres études avant-après devraient être effectuées à partir de relevés empiriques des comportements en termes de vitesse et de conduite, et à l'aide d'analyses des statistiques d'accidents. Ces travaux pourraient par exemple être réalisés dans le cadre d'un mandat de recherche du DETEC en matière de routes.

Effects of Section Speed Control Systems on Driving Behaviour and Accidents

Management Summary

Starting Point

The FEDRO (Federal Roads Office) initialised the project ENFON (enforcement on motorways) in autumn 2007. The goal is a unified assessment of cantonal demands for fixed enforcement equipment on motorways. As sub-project and as a pilot test within ENFON, the effects of section speed control systems on driving behaviour and accidents are being examined. This pilot aims to show how section speed control systems can contribute to improving or at least maintaining road safety on motorways and thus represent an alternative to conventional systems. For this purpose, the tests were accompanied by an extensive survey. The sections designated and chosen for the pilot study are the Arisdorftunnel on the A2 towards Lucerne and an extremely hazardous, accident prone section on the A9 between Aigle and Bex-Nord, driving towards Sion.

General Findings from the Field Tests

Due to a before/after examination, it was possible to analyse the effects of the two section control measurement systems "A2 Arisdorftunnel" and "A9 Aigle – Bex-Nord" in detail. The detailed analysis showed that the installation of the two systems on the A2 and A9 positively influenced the driving behaviour. A harmonisation of the speed was attained over the whole stretch of motorway. The traffic flow became more homogenous which manifested itself in a decline of the standard deviation of the mean velocities as well as in a reduction of averages speeds.

There was no confirmation of the feared negative effects on the driving behaviour. Indicators that the section speed control entrance or exit portals, together with driver recognition systems, were mistaken for conventional point control equipment could not be found. The entrance and exit points did not show any excessive and unwanted deceleration. There is also no confirmation of the fear that there would be a compensatory choice of speed within the measured road sections. It can therefore be said that no behaviour in that sense could be detected.

The results in terms of distance behaviour, which could only be evaluated for the Arisdorftunnel, leave room for interpretation. Despite the average time gaps tending to get bigger in the "after" phase, a clear connection with the installation of the section speed control system could not be detected or excluded.

Pilot Section „A2 Arisdorftunnel“

Although the traffic flow, especially in the tunnel, was very homogenous prior to the test phase ("before" phase), the pilot caused a reduction of the standard deviation in the control section of up to 1.2 km/h on the normal traffic lane and up to 1.8 km/h on the overtaking lane. An increasing homogenisation of the velocity distribution took place, not only in cross-comparison ("before" versus "after") but also along the course of the section.

The speed of all vehicles, before and after the section being measured, rose slightly after the installation of the testing equipment, whereas a speed reduction with an average of 0.6 km/h (91 km/h) could be monitored in the controlled section on the normal lane and an average of 1.3 km/h (96.4 km/h) on the overtaking lane. A decline in average speed of 0.5 km/h (89.2 km/h) on the

normal lane was noticed at the entrance portal to the speed control section, 2.0 km/h (95.8 km/h) on the overtaking lane. The biggest changes were found at the end of the measured section, where average speeds of 94.4 km/h and 103.0 km/h were observed, meaning an average reduction of 4.2 km/h and 9.9 km/h for the respective normal and overtaking lanes. In contrast to the driving behaviour prior to the section control tests where the drivers accelerated immediately after exiting the tunnel, the acceleration process now takes place significantly less pronounced and only after passing under the driver recognition system.

Similar to the mean velocities, the transgression rates have increased slightly before and after the section on the motorways. Within the sections themselves though, the transgression rate has declined through all examined vehicle types and classes. In cars for example, the violations decreased by an average of 34% on the normal lane and by 29% on the overtaking lane. Especially vehicles driving more than 10 km/h over the speed limit showed a drastic average reduction of 55% (on both lanes).

Trucks and cars with trailer with a maximum permissible speed of 80 km/h still show a high rate of violations up to 10 km/h. The reason therefore is that the speed section control system is set at the second stage for fines (6 to 10 km/h over the limit), taking into consideration the statutory safety deduction of 5km/h (with readings up to 100km/h). Thus, currently only those trucks and cars with trailers are caught on camera with an average speed of 91 km/h and above. Coaches and buses registered next to no violations of more than 10 km/h during the trials.

Regarding accidents, a slight reduction can be monitored since implementation of the trial phase. For a meaningful assessment of the effects of the section speed control system on accidents, the observation period must be lengthened as the 6 month period used to collect statistical data was not sufficient to create sample sizes that meet the requirements of the statistical tests. Representative results can not be delivered before 2013 earliest.

Pilot Section „A9 Aigle – Bex-Nord“

As with the piloted tunnel section, the “free” piloted section on the A9 was originally planned to be equipped with permanent measurement cross-section installations for gathering traffic data. Additionally, the speed section control system was planned to be installed permanently. For various reasons, the installation of the measurement cross-sections as also of the section speed control system was delayed, leading to the decision to replace the initial fixed installations with lateral radars and semi-portable section speed control installations originally planned for use in road work areas. This would nevertheless help provide a data base, albeit in reduced depth compared to the tunnel section.

The deployment of the section speed control system led to a significant reduction of the standard deviation in all measurement cross sections. A reduction of 0.9 km/h was identified already in the approach to the pilot section. Within the perimeter of the entrance to the test section itself, the standard deviation could be reduced by 2.4 km/h. Within the speed control section, the reduction had a range between 1.8 and 2.2 km/h. Upon the exit of the piloted section as also the following stretch of motorway, a reduction of 2.5 km/h was observed (similar to the entrance), turning the entrance and exit of the section speed control into locations of biggest reduction of speed. The section speed control has therefore led to a much more homogenous traffic flow, within the piloted section as also on the road leading to and from the controlled road section.

Average speeds have also dropped significantly. The data from the control section itself accounts for an average reduction of 4.7 km/h to 114.5 km/h. The approach to the pilot section can show for a reduction of 2.5 km/h to 119.3 km/h. The biggest before/after difference was noted in the entrance to the section itself (reduction of 5.6 km/h to 115.8 km/h) and on the exit (reduction of 6.0 km/h to 114.0 km/h).

A prominent decline of the transgression rates could be detected in the approach (-38%), at the entrance to the section (-48%) and also at the exit (-46%). There was also a decline of between 28% and 46% in the transgression rates within the section itself. The reduction of vehicles driving more than 10 km/h above the speed limit was even more impressive, with data showing a 75% minus at the entrance and 79% less at the exit. Within the road section the reduction was detected to be 60%.

To date, there is no significant effect on accidents as the one month pilot phase falls short of being long enough to collect ample data to make a meaningful assessment of the effects of the section speed control system. A decent assessment on this issue can be made earliest in 2013.

Recommendations and Need for Investigations

The experience taken from the two pilot installations in terms of speed behaviour can be assessed positively. Due to the relatively short operating period, no significant statement can be made concerning accidents. The ongoing pilot studies should be continued in order to analyse the impact on accident rates over a period of at least two years. In prolonging the trial to a long term analysis, the sustainability of the positive results on driving behaviour could be verified. Basically there is no argument against an extension of the trials to other locations such as road work sites on motorways which have a high risk potential.

Although the quota of violations have verifiably been reduced after installation of the section speed control systems, some vehicle categories, especially lorries, still show a constant high absolute number of violations. It is obvious that, in this vehicle category, the safety deduction and the tolerance (from the velocity of the vehicle) taken into account before handing out administrative fines is exploited to the limit. Whilst the definition of the administrative fine depicts operational (and political) issues, the current safety deduction of 5, 6 or 7km/h is purely of technical nature. This deduction is supposed to compensate measurement inaccuracies. The actual measurement error in the section speed control system lies well below these values. Purely considering technical aspects, it can be said that the safety deduction could be set at 3 km/h.

Of the hypothesis formulated at the beginning of the project, it can be proven that the installation of a section speed control system homogenises the traffic flow over longer sections of motorways. After a longer trial period it would also be possible to define how and why this improvement is reflected in the accident statistics.

The insights gained from the trials do not allow for a general valid quantification of the overall relationship between the change respectively reduction in speeds and accidents. Two test objects alone, and taking into account the short duration of the trials to date, cannot be used to generalise the relationship. An objective evaluation methodology enabling the assessment of planned sites for enforcement installations in relation to their practicality and usefulness, quantifying the likely impact on traffic safety and -flow does not exist yet.

No conclusions can yet be drawn on the effect of the section speed control system on the road performance and capacity of the respective section. The reasons therefore are that the traffic volume on the two piloted sections is below the capacity and disruptions in traffic flow are virtually excluded under normal operating conditions. This aspect should be considered for further experiments when choosing new locations. In other countries, experience gathered from section speed control systems on highly frequented and used road sections showed an increase in performance and capacity due to a significant homogenisation of the traffic flow.

Based on the empirical studies on speed and driving behaviour as also based on the evaluation of the accident statistics, appropriate quantification tools must be developed so as to be able to assess the impact of planned enforcement installations on road safety and traffic flow as part of before/after studies. Such work could, for example, be carried out in the context of research work commissioned by DETEC.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangslage	1
1.2	Auftrag und Rahmenbedingungen	1
1.3	Untersuchungsziele und Arbeitshypothesen	3
2	Grundlagen zu Geschwindigkeitskontrollanlagen	4
2.1	Geschwindigkeit als Unfallursache	4
2.2	Automatische Punktkontrollen	8
2.2.1	Funktionsweise und Technik	8
2.2.2	Erfahrungen mit automatischen Punktkontrollen	10
2.2.3	Nationale Programme und Untersuchungen	12
2.3	Abschnittsgeschwindigkeitskontrollen	22
2.3.1	Funktionsweise und Technik	22
2.3.2	Erfahrungen mit Abschnittsgeschwindigkeitskontrollen	23
2.3.3	Einsatz in Italien	25
2.3.4	Einsatz in Österreich	28
2.3.5	Einsatz in den Niederlanden	31
2.3.6	Einsatz in Grossbritannien	35
2.3.7	Einsatz in Norwegen	37
2.3.8	Fazit zu den ausländischen Erfahrungen mit AGK	41
3	Pilotversuch Schweiz	42
3.1	Evaluation und Auswahl der Pilotstandorte	42
3.2	Begleitende Messkampagne	44
3.3	Untersuchungskonzept und Untersuchungsphasen	45
3.4	Erhebungsgrössen	46
3.5	Anforderungen an Unfalldaten	47
3.6	Realisierung der AGK-Anlage	48
3.6.1	Funktionsbeschreibung der AGK-Komponenten	48
3.6.2	Datenschutz und Datensicherheit	52
4	Pilotabschnitt A2 Arisdorftunnel	54
4.1	Untersuchungsstrecke	54
4.2	Messanordnung und Durchführung der Messungen	55
4.3	Art und Umfang der Datenauswertung	55
4.3.1	Fahrzeuggruppen	55
4.3.2	Stichprobengrösse	56
4.3.3	Auswertesoftware	56
4.4	Charakteristik des Verkehrsgeschehens	58
5	Messergebnisse A2 Arisdorftunnel	60
5.1	Alle Fahrzeuge	61
5.1.1	Geschwindigkeitsverhalten aller Fahrzeuge	61
5.1.2	Abstandsverhalten aller Fahrzeuge	70
5.2	Personenwagen	74

5.2.1	Geschwindigkeitsverhalten von Personenwagen	74
5.2.2	Geschwindigkeitsübertretungen von Personenwagen	80
5.3	Lastwagen	82
5.3.1	Geschwindigkeitsverhalten von Lastwagen	82
5.3.2	Geschwindigkeitsübertretungen von Lastwagen	86
5.4	Personenwagen mit Anhänger	88
5.4.1	Geschwindigkeitsverhalten von Personenwagen mit Anhänger	88
5.4.2	Geschwindigkeitsübertretungen von Personenwagen mit Anhänger	93
5.5	Reisebusse und Cars	95
5.5.1	Geschwindigkeitsverhalten von Reisebussen und Cars	95
5.5.2	Geschwindigkeitsübertretungen von Reisebussen und Cars	98
5.6	Fazit	100
5.6.1	Geschwindigkeitsverteilungen	100
5.6.2	Mittlere Geschwindigkeiten	102
5.6.3	Übertretungsquoten	103
6	Pilotabschnitt A9 Aigle – Bex-Nord	105
6.1	Untersuchungsstrecke	105
6.2	Messanordnung und Durchführung der Messungen	105
6.3	Art und Umfang der Datenauswertung	106
6.3.1	Fahrzeuggruppen	106
6.3.2	Stichprobengrösse	107
6.3.3	Auswertesoftware	107
6.4	Charakteristik des Verkehrsablaufs	108
7	Messergebnisse A9 Aigle – Bex-Nord	110
7.1	Alle Fahrzeuge	111
7.1.1	Geschwindigkeitsverhalten aller Fahrzeuge	111
7.2	Personenwagen	118
7.2.1	Geschwindigkeitsverhalten von Personenwagen	118
7.2.2	Geschwindigkeitsübertretungen von Personenwagen	122
7.3	Lastwagen	123
7.3.1	Geschwindigkeitsverhalten von Lastwagen	123
7.3.2	Geschwindigkeitsübertretungen von Lastwagen	126
8	Ergebnisse der Unfallauswertungen	127
8.1	Einleitung	127
8.2	Unfallgeschehen im Bereich der Pilotabschnitte	128
8.2.1	Ergebnisse der Unfallauswertung im Pilotabschnitt „A2 Arisdorftunnel“	128
8.2.2	Ergebnisse der Unfallauswertung im Pilotabschnitt „A9 Aigle – Bex-Nord“	130
9	Erkenntnisse und Empfehlungen	132
9.1	Massgebende Erkenntnisse aus den Feldversuchen	132
9.1.1	Pilotabschnitt „A2 Arisdorftunnel“	132
9.1.2	Pilotabschnitt „A9 Aigle – Bex-Nord“	133
9.2	Empfehlungen und weiterer Untersuchungsbedarf	134

10	Verzeichnisse und Quellen	136
10.1	Tabellenverzeichnis	136
10.2	Abbildungsverzeichnis	138
10.3	Literaturverzeichnis	142
10.3.1	Allgemein	142
10.3.2	Fahrzeugseitige Methoden	143
10.3.3	Strassenseitige Methoden	144
10.4	Abkürzungsverzeichnis	145
10.5	Anhangverzeichnis	146

Projektleitung und Sachbearbeitung

Thorsten Koy, dipl. Kult.-Ing. ETH

Simon Benz, dipl. El. Ing. HTL

Lukas Haas, MSc ETH ETIT

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Das Bundesamt für Strassen (ASTRA) hat im Herbst 2007 das Projekt ENFON („Enforcement Nationalstrassen“) gestartet. Ziel des Projekts ist eine einheitliche Beurteilung von kantonalen Begehren zu fest mit den Nationalstrassen verbundenen Enforcementanlagen. Hintergrund dafür war der Wechsel der Zuständigkeit für die Nationalstrassen im Zuge der Neuordnung des Finanzausgleichs zwischen Bund und Kantonen (NFA).

Zusammen mit Vertretern der kantonalen Verkehrspolizeien hat das Bundesamt für Strassen in einer Arbeitsgruppe die Kriterien für den Neubau und den Ersatz von Enforcementanlagen bestimmt. Als gemeinsames Ziel wurde die Steigerung oder zumindest die Beibehaltung des heute hohen Niveaus der Verkehrssicherheit auf Schweizer Nationalstrassen definiert. Die Bewilligungskriterien sollen dazu beitragen, die geplanten Anlagen auf ihren Einfluss auf die Verkehrssicherheit zu untersuchen. Somit soll auch Vorwürfen der „Abzockerei“ entgegen gewirkt werden.

Im Rahmen eines Teilprojekts innerhalb des Projekts ENFON soll in einem Pilotversuch die Wirkung von Abschnittsgeschwindigkeitskontrollanlagen (AGK) auf das Fahrverhalten und Unfallgeschehen untersucht werden. Der Pilot soll zeigen, in wie fern AGK zur Verbesserung oder zumindest zur Aufrechterhaltung der Verkehrssicherheit auf Nationalstrassen beitragen können und somit eine Alternative zu konventionellen Anlagen darstellen.

Die Pilotversuche mit AGK sollten an drei unterschiedlichen Streckenabschnitten auf zweistreifigen Richtungsfahrbahnen durchgeführt werden:

- Freie Strecke
- Tunnel
- Baustellenbereich

Während auf den Pilotabschnitten „Freie Strecke“ und „Tunnel“ der Einsatz einer fest installierten AGK vorgesehen war, wurde die für Baustellenbereiche vorgesehene AGK als semiportable Messstation geplant, welche zudem für Vergleichsmessungen zu konventionellen Anlagen wie auch auf vergleichbaren Strecken (freie Strecke, Tunnel) eingesetzt werden kann.

Obwohl der Pilotbetrieb im Baustellenbereich erst zu einem späteren Zeitpunkt im Projektverlauf folgt und daher im vorliegenden Bericht nicht behandelt wird, ist auch dieser Bestandteil des Pilotversuchs. Die Ergebnisse der Versuche in Baustellenbereichen sollen zu einem späteren Zeitpunkt ermittelt werden.

1.2 Auftrag und Rahmenbedingungen

Auf Grund dieser Ausgangslage wurde Rapp Trans AG Ende 2008 beauftragt, die Pilotversuche mit AGK wissenschaftlich zu begleiten und die Projektleitung ASTRA in fachtechnischen Aspekten zu beraten. Das Mandat gliederte sich in die folgenden Auftragsmodule:

- Erarbeitung von Grundlagenwissen
- Erarbeitung und Präsentation von Teilkonzepten und anderen Arbeitspapieren
- Evaluation mit Auswahlvorschlag für die Messinstrumente für die begleitende Messkampagne
- Erhebung von Daten sowie deren statistische Auswertung und Interpretation
- Vorbereitung und Reporting der Sitzung mit dem Projektleiter

- Unterstützung des Projektleiters bei der weiteren Prozess und Arbeitsplanung, insb. bei Erstellung des Pflichtenhefts für die AGK, Ausschreibung und Vergabe, Tests und Inbetriebnahme
- Abschliessende Darstellung des Pilotversuchs in Form eines Schlussberichts
- Begleitung bei medialen Anlässen und Mitwirkung bei Medienkommunikes

Auf dem Pilotabschnitt „Tunnel“ konnten sowohl die Messinstrumente für die begleitende Messkampagne als auch die AGK selbst termingerecht realisiert werden, so dass eine genügend lange und somit auch aussagekräftige Zeitspanne für die Auswertungen, Analysen und Interpretation der Messergebnisse sowohl für den Vorher- als auch Nachher-Zeitraum vorlag.

Auf dem Pilotabschnitt „Freie Strecke“ verzögerte sich aus diversen Gründen einerseits die Installation der Messinstrumente für die begleitenden Messkampagne und andererseits die Installation der AGK, so dass im Laufe des Projekts entschieden wurde, auf diesem Abschnitt als Übergangslösung Seitenradargeräte und die für Baustellenbereiche vorgesehene semiportable AGK einzusetzen, um über entsprechende Datengrundlagen zu verfügen – wenn auch im Vergleich zum Pilotabschnitt „Tunnel“ in reduziertem Umfang.

Neben rein technisch bedingten Abklärungen im Zusammenhang mit der erstmaligen Realisierung einer AGK in der Schweiz mussten im Verlauf des Projekts intensive Abklärungen über die Datensicherheit und den Datenschutz solcher Anlagen durchgeführt und im Hinblick auf deren Beschaffung in einem Pflichtenheft fest gehalten werden. Grundsätzlich stiess das Vorhaben auf grosses politisches und öffentliches Interesse, wobei Befürworter und Gegner gleichermaßen vertreten waren.

Obwohl ursprünglich vorgesehen war, die Pilotstandorte während der Phase der Ist-Zustand Datenerfassung nicht zu veröffentlichen, sind die Standorte noch vor Installation der AGK in den Medien publiziert worden. Diese Tatsache führte zu einer fortan intensiveren Beobachtung des Projekts durch die Öffentlichkeit und reduzierte die für einen Pilotversuch notwendige Terminflexibilität.

Ursprünglich war geplant, die beiden Anlagen „Tunnel“ und „freie Strecke“ gleichzeitig oder zumindest sehr zeitnah zu realisieren. Bereits in der Planungsphase zeigte sich jedoch, dass die Installationen einerseits sehr unterschiedlich ausfallen würden und dass andererseits in zeitlicher und finanzieller Hinsicht von den Erfahrungen der Installation einer ersten Anlage profitiert werden konnte. So wurde entschieden, die Anlage „Tunnel“ mit dem aufwändigeren Setup (inklusive Wechselverkehrszeichen für die Geschwindigkeitsanzeige) zuerst zu realisieren.

Die rechtliche Situation der AGK wurde bereits in der Planungsphase ausgiebig beleuchtet. Die entsprechende Rechtsgrundlage war vorhanden und die Datenschutzabklärungen ergaben keinen Widerspruch zu den einschlägigen gesetzlichen Grundlagen, weder auf Stufe Bund noch auf Stufe Kanton. Dennoch wurde dieses Thema öffentlich stark diskutiert und immer wieder wurde die Projektleitung ASTRA mit dem Vorwurf der fehlenden rechtlichen Grundlage konfrontiert. Da diese Grundlagen jedoch zweifelsfrei existierten, muss von stark emotionalen und teils politisch gefärbten Motiven für die anhaltende Diskussion ausgegangen werden. Einer entsprechenden dringlichen Motion¹ im Landrat des Kantons Basel-Landschaft, welche die Verhinderung der AGK „Tunnel“ zum Ziel hatte, wurde zuerst die Dringlichkeit versagt und nach sehr detaillierten Informationen und Vor-Ort Präsentationen durch die ASTRA Projektleitung wurde die Motion schliesslich klar abgewiesen.

¹ Dringliche Motion von Patrick Schäfli, Landrat FDP, Pratteln vom 25.3.2010: „Stopp dem totalen Überwachungs-Radar-Staat auf der Strasse: Baselbieter Regierung soll sich gegen den Test und die geplante Einführung der Abschnittsgeschwindigkeitskontrolle im Baselbiet einsetzen“. Mit 32:43 Stimmen wurde die Dringlichkeit der Motion im Landrat abgelehnt.

1.3 Untersuchungsziele und Arbeitshypothesen

Mit der Anordnung von automatischen Abschnittsgeschwindigkeitskontrollanlagen (AGK) auf schnell befahrenen Strassen (i.d.R. Hochleistungsstrassen mit baulicher Richtungstrennung) steht die Verbesserung bzw. Erhöhung der Verkehrssicherheit im Vordergrund. Auf Abschnitten, welche sich bereits durch ein hohes Sicherheitsniveau auszeichnen, soll dieses Niveau mit der Anordnung von AGK beibehalten werden.

Im Rahmen eines Teilprojektes innerhalb des Projektes ENFON soll die Wirkung solcher Abschnittsgeschwindigkeitskontrollanlagen (AGK) auf das Fahrverhalten – insbesondere das Geschwindigkeits- und Abstandsverhalten (Zeitlücken) – und das Unfallgeschehen in einem Pilotversuch an den beiden Pilotabschnitten „Freie Strecke“ und „Tunnel“ wissenschaftlich ermittelt und belegt werden.

Für die Analyse der Auswirkungen der geplanten Pilotanlagen auf die Verkehrssicherheit kann vereinzelt auf vorhandene Verkehrsdaten von bereits bestehenden automatischen Verkehrszählstellen (AVZ) des ASTRA zurückgegriffen werden. Da jedoch mit einem einzelnen Erfassungsquerschnitt eine aussagekräftige Beurteilung des Geschwindigkeits- und Abstandsverhaltens über einen längeren Abschnitt nicht möglich ist, werden an weiteren Querschnitten im Rahmen der begleitenden Messkampagne zusätzliche Verkehrsdaten erhoben.

Mit der begleitenden Messkampagne und den durchgeführten Auswertungen sollen grundsätzlich die nachfolgend definierten *Arbeitshypothesen* untersucht werden:

- Mit der AGK lässt sich eine Harmonisierung der gefahrenen Geschwindigkeiten über einen längeren Abschnitt im Bereich der signalisierten Tempolimits erreichen. Die Risiken durch wesentlich zu schnell fahrende Fahrzeuge können eliminiert werden. Damit verbunden ist eine Reduktion der Geschwindigkeitsunterschiede zwischen langsamen und schnellen Fahrzeugen, was wiederum zu einem gleichmässigeren und homogeneren Verkehrsablauf beiträgt.
- Durch einen gleichmässigen und homogeneren Verkehrsablauf lässt sich das Gefahrenpotential senken und letztlich das Unfallgeschehen und die Unfallschwere positiv beeinflussen. Bei den Pilotabschnitten wird demzufolge ein deutlicher Rückgang bei denjenigen Unfällen erwartet, deren Ursachen in überhöhten oder nicht angepassten Geschwindigkeiten, gegebenenfalls in Kombination mit zu geringem Abstand liegen.
- Daneben kann ein gleichmässiger und homogener Verkehrsablauf zu einer Erhöhung der Leistungsfähigkeit auf dem betrachteten Streckenabschnitt beitragen.
- Mit einer Punktkontrolle (PK) lassen sich die gefahrenen Geschwindigkeiten örtlich nur sehr beschränkt reduzieren. Insbesondere kann mit einer Punktkontrolle keine Homogenisierung des Verkehrsablaufs erreicht werden. Vielmehr besteht die Gefahr, dass die PK bei entsprechend hohen Verkehrsbelastungen zur Stauwurzel werden kann.

2 Grundlagen zu Geschwindigkeitskontrollanlagen

2.1 Geschwindigkeit als Unfallursache

Unfälle wegen Überschreitung der gesetzlichen Höchstgeschwindigkeiten sind eine der häufigsten Unfallgruppen in Europa und in der Schweiz. Im Jahre 2010 war eine überhöhte bzw. nicht an die Strassen- und Witterungsverhältnisse angepasste Geschwindigkeit bei rund einem Drittel der Verkehrstoten die Hauptunfallursache². Erfreulicherweise war die Zahl der in der Schweiz im Strassenverkehr getöteten Personen mit 327 aber noch nie so tief wie im Jahr 2010.

Verunfallte im Strassenverkehr 2010				
	Total	Leicht verletzte Personen	Schwer verletzte Personen	Getötete Personen
Verunfallte (innerorts/ausserorts/Autobahn)	24'564	19'779	4'458	327
davon mit möglichem Geschwindigkeitseinfluss	5'056 (21%)	3'919 (20%)	1'027 (23%)	110 (33%)
Verunfallte auf Autobahnen	2'690	2'341	326	23
davon mit möglichem Geschwindigkeitseinfluss	787 (29%)	655 (28%)	120 (37%)	12 (52%)

Tabelle 1: Verunfallte im Strassenverkehr in der Schweiz 2010

Die volkswirtschaftlichen Schäden sind gemäss einer Studie der Beratungsstelle für Unfallverhütung (bfu) über die volkswirtschaftlichen Kosten von Nichtberufsunfällen beträchtlich. Neben den direkten Unfallkosten durch Sach- und Personenschäden wächst ebenfalls das Bewusstsein, dass auch die indirekten Kosten durch Stau und zusätzliche Emissionen nicht zu vernachlässigen sind. Zudem ist festzuhalten, dass in dichtem Verkehr solche Kosten auch ohne Unfälle entstehen, sind doch grosse Geschwindigkeitsdifferenzen eine der Ursachen für ein früheres Eintreten der Leistungsgrenze des Strassenabschnittes und damit von Staus und Verkehrsstörungen.

Im Rahmen der Erarbeitung von Grundlagen für eine Strassenverkehrssicherheitspolitik des Bundes (VESIPO)³ wurde festgestellt, dass aus insgesamt 34 untersuchten Anwendungen der Verkehrstelematik diejenigen zu den wirkungsvollsten gehören, die zur Erkennung und Durchsetzung von zulässigen Höchstgeschwindigkeiten dienen. Stationäre automatische Kontrolleinrichtungen sind in allen betrachteten Zeiträumen (2005, 2010, 2020) besonders wirkungsvoll; die fahrzeugseitigen Massnahmen weisen mit zunehmenden Ausrüstungsgrad eine ähnlich hohe positive Wirkung auf die Verkehrssicherheit auf. Die Umsetzung solcher Massnahmen ist jedoch vom Kenntnisstand der Entscheidungsträger (Behörden, Politik, Industrie) bezüglich Wirkungen und Umsetzbarkeit abhängig.

Mit dem aktuellen Handlungsprogramm „Via Sicura“ für mehr Sicherheit im Strassenverkehr will der Bund mit einer Reihe von Massnahmen vor allem die bestehenden Vorschriften besser durchsetzen und die grössten Unfallschwerpunkte beseitigen. Darüber hinaus wird auch die Prävention verstärkt. Mit den vorgeschlagenen Massnahmen soll eine weitere markante Verbesserung der Sicherheit auf den schweizerischen Strassen erreicht werden.

² Bundesamt für Strassen ASTRA (2011)

³ ASTRA (2002); Beitrag der Verkehrstelematik zu einer Verkehrssicherheitspolitik (VESIPO), Rapp AG, 2001/062

Bereits marginale Reduktionen in der Durchschnittsgeschwindigkeit können zu einer bedeutenden Erhöhung der Strassenverkehrssicherheit führen. In verschiedenen Studien wurde versucht, diesen Zusammenhang herzuleiten. So wurde beispielsweise beim EU-Forschungsprojekt SASPENCE⁴ festgehalten, dass eine Reduktion von 1.6 km/h in der Durchschnittsgeschwindigkeit zu einer Reduktion von ca. 5 Prozent der Unfälle führt. Eine Reduktion von 2 km/h in der Durchschnittsgeschwindigkeit führt zu einer Reduktion von ca. 20 Prozent der Anzahl der Verletzten/Todesfälle und zu einer Reduktion aller Verkehrsunfälle von ca. 10 Prozent.

In einer schwedischen Untersuchung [17] zeigte sich, dass bei einer Änderung der Durchschnittsgeschwindigkeit um 1 km/h bei 120 km/h sich die Anzahl Unfälle um 2 Prozent und bei 50 km/h um 4 % senkte.

In England [18] wurde festgestellt, dass bei einer Änderung der Durchschnittsgeschwindigkeit um 1 km/h sich die Anzahl Unfälle innerorts um 1 bis 4 Prozent und ausserorts um 2.5 bis 5.5 Prozent reduzierte.

Ein ähnlicher Zusammenhang wurde auch in Australien [15] festgestellt, was folgende Grafik aufzeigt: die relative Unfallrate (relative crash rate) steigt mit zunehmender Geschwindigkeitsdifferenz im Vergleich zur durchschnittlichen Geschwindigkeit (vehicle speed in relation to average traffic speed) innerorts (urban roads) stärker als ausserorts (rural roads).

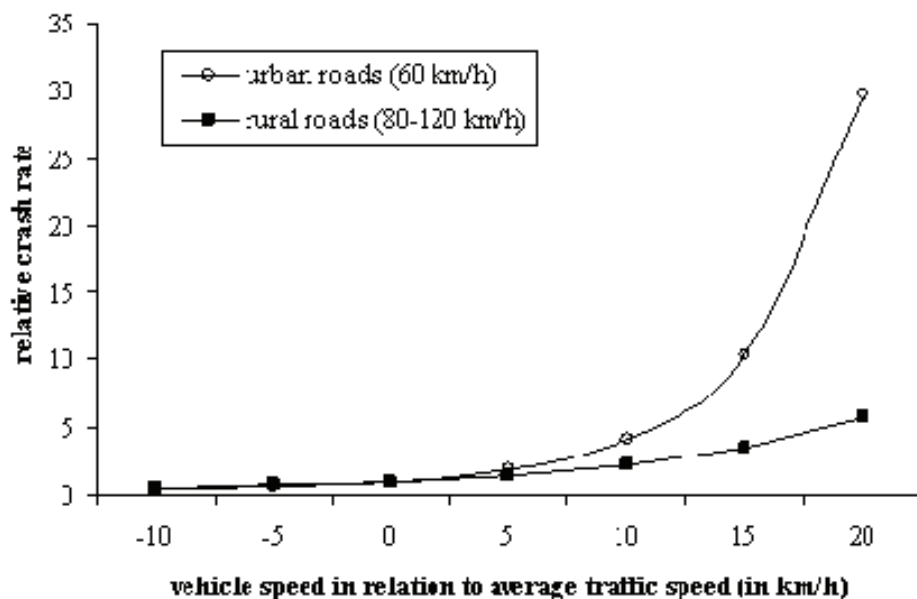


Abbildung 1: Zusammenhang zwischen Unfallrate und der Geschwindigkeitsdifferenz⁵

⁴ Taylor M., Lynam D., Baruya A (2000); The effects of drivers' speed on the frequency of road accidents; TRL Report 421

⁵ Kloeden, C. N., McLean, A. J., Glonek, G. (2002); Reanalysis of travelling speed and the rate of crash involvement in Adelaide South Australia. Report No. CR 207. Australian Transport Safety Bureau ATSB, Civic Square, ACT

Göran Nilsson entwickelte für den Zusammenhang zwischen Anzahl Unfällen mit Personenschäden und der Geschwindigkeitsveränderung folgende mathematische Formel⁶:

$$A_2 = A_1 \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^2$$

Die Anzahl Unfälle mit Personenschaden nach der Geschwindigkeitsveränderung (A_2) entspricht der Anzahl Unfälle mit Personenschäden vor der Geschwindigkeitsveränderung (A_1), multipliziert mit der Division der neuen durchschnittlichen Geschwindigkeit (v_2) mit der ursprünglichen durchschnittlichen Geschwindigkeit (v_1) im Quadrat.

Weitere Studien haben diesen Zusammenhang von Geschwindigkeit und Anzahl Unfällen detaillierter analysiert (Unterscheidung zwischen allen Verletzten (all the injured), schwerverletzten und getöteten Unfallopfern (killed and severely injured) sowie Getöteten (killed)), was sich grafisch wie folgt darstellen lässt.

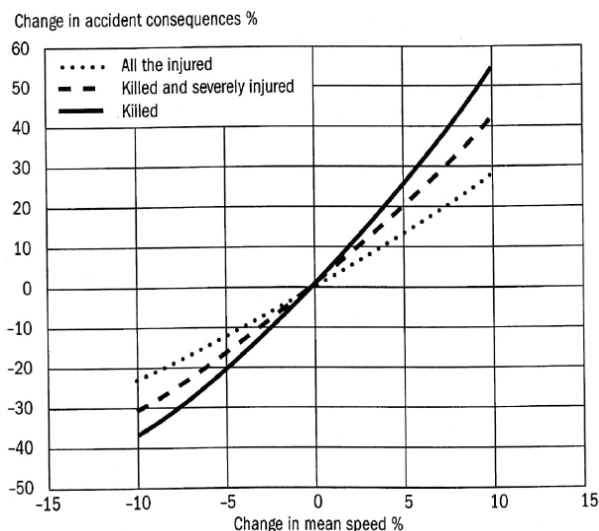


Abbildung 2: Nilsson-Funktion⁷

Die Änderung der Durchschnittsgeschwindigkeit (change in mean speed) verändert die Unfallfolgen (change in accident consequences) relativ am meisten bezüglich der Getöteten, etwas weniger bei den Unfallopfern und am wenigsten bei allen Verletzten.

Die Geschwindigkeit hat einen grossen Einfluss auf die Möglichkeiten des Fahrers rechtzeitig abbremsen zu können. Mit 50 km/h braucht der Fahrer 41m und mit 60 km/h braucht der Fahrer 58m, um anhalten zu können. Noch drastischer ist der Vergleich zwischen Tempo 30 und Tempo 50: Am Ort an dem das Fahrzeug mit Tempo 30 steht, hat das Fahrzeug mit Tempo 50 noch nicht mal begonnen zu bremsen.

⁶ European Road Safety Observatory (<http://www.erso.eu>)

⁷ Nilsson, G. (1982); The effects of speed limits on traffic crashes in Sweden. In: Proceedings of the international symposium on the effects of speed limits on traffic crashes and fuel consumption, Dublin. Organisation for Economy, Co-operation and Development (OECD)

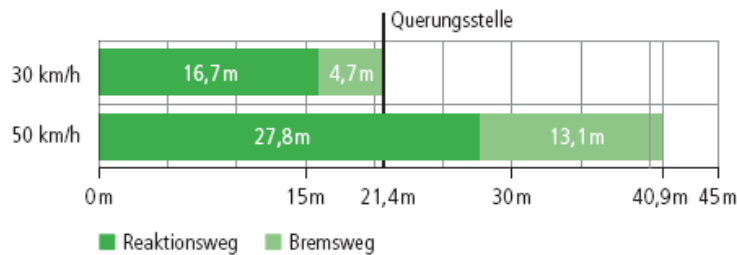


Abbildung 3: Anhalteweg bei trockener Fahrbahn⁸

Besonders in urbaner Umgebung können deshalb bereits kleine Überschreitungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit gravierende Auswirkungen haben. Die folgende Grafik zeigt den Einfluss der Geschwindigkeit auf die Mortalitätsrate von Fussgängern bei Kollisionen mit Fahrzeugen.

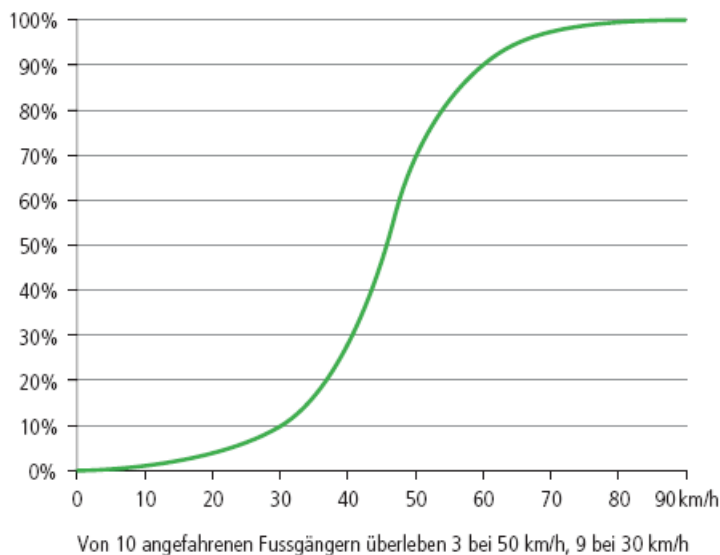


Abbildung 4: Mortalitätsrate von Fussgängern bei Kollisionen mit Personenkraftwagen in Abhängigkeit der Kollisionsgeschwindigkeit⁸

Aber auch auf Autobahnen haben bereits kleine Überschreitungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit gravierende Auswirkungen. Bei einem Personenkraftwagen mit Anhänger verlängert sich der Bremsweg bei einer Geschwindigkeitsüberschreitung von 20 km/h um 32 Prozent (oder von 64 auf 84 m). Die Energie des Gespanns ist in dieser Situation um 56 Prozent höher (965 kJ statt 617 kJ). Insbesondere diese Kategorie von Fahrzeugen wird von den meisten Geschwindigkeitskontrollen heute nicht erkannt, da die Anlagen meist auf die maximal zulässige Geschwindigkeit für die Strecke jedoch nicht für die Fahrzeugkategorie eingestellt sind.

Die bisher in der Schweiz umgesetzten Massnahmen erzielten zwar Erfolge, trotzdem ist die Unfallrate immer noch zu hoch. Neben einer Verstärkung der bisher getroffenen Massnahmen, können neue Methoden wesentlich zu einer Verbesserung beitragen. Insbesondere fahrzeugseitige Verbesserungen von aktiver und passiver Sicherheit versprechen hohe zusätzliche Beiträge zur Erhöhung der Verkehrssicherheit. Sie sind in diesem Zusammenhang noch wenig erforscht, werden aber von der Automobil-

⁸ Beratungsstelle für Unfallverhütung bfu (2008); Fachbroschüre Tempo-30-Zonen

industrie stark vorangetrieben. Eine herstellerunabhängige Untersuchung ist notwendig, die ihren Fokus vor allem auf die institutionellen und rechtlichen Aspekte sowie die Aspekte der Akzeptanz legt.

Der fahrzeugseitige Ausrüstungsgrad mit Komfortsystemen (z.B. Warnton bei Überschreitung einer vom Fahrer frei wählbaren Geschwindigkeit) nimmt laufend zu, was eine laufende Anpassung des Kenntnisstandes der Fachwelt erfordert. Die Zunahme der fahrzeugseitigen Assistenz- und Warnsysteme hat jedoch ihre Grenze. Die internationale Gesetzgebung verlangt, dass der Fahrer bzw. die Fahrerin immer für das Fahrzeug verantwortlich ist. Dies steht im direkten Konflikt mit den aktiven Sicherheitssystemen, die im Notfall die Kontrolle übernehmen. Um hier weitere Fortschritte zu erzielen, ist ein Paradigmenwechsel notwendig. Dieser wird aber insbesondere wegen offenen Haftungsfragen, wenn ein System ausfällt, noch einige Zeit brauchen.

2.2 Automatische Punktkontrollen

2.2.1 Funktionsweise und Technik

Fix installierte (stationäre) und portable (semi-stationäre) Punktkontrollen, die keine Anwesenheit von Kontrollpersonal erfordern und Widerhandlungen vollautomatisch erfassen, gelangen mittlerweile in den meisten Kantonen der Schweiz und den meisten Ländern in Europa regelmässig zum Einsatz.

In ihrer Funktion unterscheiden sich solche Geschwindigkeitsmessenanlagen grundsätzlich kaum. Bei der technischen Ausführung existieren aber durchaus Unterschiede. Während die Beweisbilderfassung in der Vergangenheit mit analogen Kameras (Nassfilm) erfolgte, werden bei neuen Anlagen durchwegs digitale Kamerasysteme eingesetzt, die nach und nach zusätzlich online an die Auswertezentralen angeschlossen werden. Diese neuen digitalen Systeme bringen eine ganze Reihe von Vorteilen. Neben der Möglichkeit die Beweisdatensätze elektronisch an die auswertende Stelle zu übermitteln, entfällt auch die Entwicklung und Digitalisierung des Analogfilms, was eine deutliche Verringerung des zeitlichen und personellen Aufwandes bedeutet. Die raschere Auswertung ermöglicht somit eine zeitnahe Ahndung von Verstössen.

Auch bei der Messung der Momentangeschwindigkeit kommen unterschiedliche Technologien zum Einsatz:

- Radarsysteme
- Induktionsschlaufen
- Piezo-Sensoren
- Lichtschranken
- Lasergeräte (Laserstrahlen, Horizontale Laserscanner)

Die verwendete Technologie hat einen möglichen Einfluss auf verschiedene Punkte:

- Optische Erkennbarkeit der Installation
- Messtoleranz und damit verbunden die Höhe des Sicherheitsabzuges
(z.B. nur 3 anstatt 5 km/h Sicherheitsabzug bei Messungen mit Laserscannern)

Insgesamt betrachtet übt die jeweils eingesetzte Technologie zur Geschwindigkeitsmessung aber nur einen geringen und damit vernachlässigbaren Einfluss auf die Wirksamkeit der Anlage aus, weshalb danach im Folgenden nicht weiter unterschieden wird.

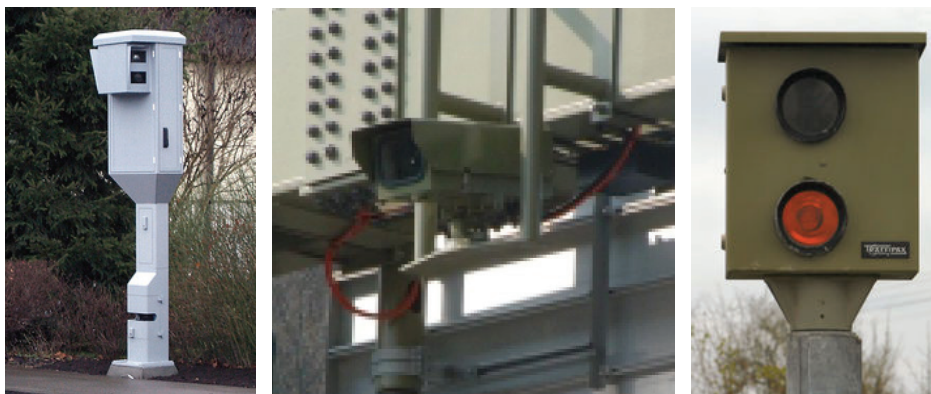


Abbildung 5: Beispiele von in der Schweiz eingesetzten automatischen Punktkontrollanlagen⁹



**Abbildung 6:
Beispiel für eine versteckte, portable automatische Punktkontrolle¹⁰**



Abbildung 7: Fotos weiterer Typen von Geschwindigkeitsmessanlagen aus Grossbritannien¹¹

Bei den Bildern der Anlagen aus Grossbritannien ist zu beachten, dass die Gehäuse der Anlagen bewusst mit einer gelben Signalfarbe markiert sind. Die Verkehrsteilnehmer sollen wahrnehmen, dass an diesen Stellen kontrolliert wird.

Es gibt eine Vielzahl von Untersuchungen, die die Auswirkungen von automatischen Punktkontrollen belegen. Besonders interessant sind die Beispiele aus Grossbritannien und Frankreich, wo nationale Programme gestartet wurden. Einerseits liegen dort koordinierte Analysen vor, andererseits wurden teilweise auch Angaben über die Effekte der Anlagen auf das gesamte nationale Verkehrsgeschehen gemacht.

⁹ Quelle: Fotos von den Webseiten der Schweizer System Lieferanten: ces, Bredar, Multanova

¹⁰ Quelle: Foto aus anonymen Warn-E-mail entnommen.

¹¹ Quellen: Webseiten der Systemlieferanten

Kontrollanlagen, wie sie in der Schweiz zum Einsatz kommen, können entweder fix¹² oder portabel¹³ installiert werden. Portable Anlagen können entweder völlig autonom installiert werden und verlangen keine vorbereiteten Installationen am Kontrollort. In einigen Kantonen werden teilweise Standorte bereits mit einzelnen Komponenten ausgerüstet¹⁴ (meist das Gehäuse und eventuelle externe Sensoren) und die eigentliche Kontrollanlage wird zwischen mehreren Standorten gewechselt. Die Auswirkungen sind jedoch grösstenteils identisch mit den fix installierten Anlagen, die nicht immer in Betrieb sind. Unterschiede sind nur festzustellen, wenn einfach ersichtlich ist, ob die Anlage „scharf“ ist oder nicht.

2.2.2 Erfahrungen mit automatischen Punktkontrollen

Die Kosten für eine automatische Punktkontrolle mit digitaler Front- und Heckbilderfassung und der Möglichkeit zur Online-Anbindung betragen heutzutage rund 120'000 – 200'000.- CHF. Dies beinhaltet auch die Erstellung von Fundamenten und die lokale Verkabelung, sofern Strom- und/oder Datenleitungen bereits vorhanden sind. Für eine solche Anlage sind kaum noch Systementwicklungen notwendig. Hingegen bedarf jede einzelne Anlage Planungs- und Projektierungsarbeiten. Falls die Anlage an ein Datennetz angeschlossen ist, kommen zusätzlich die Kosten für die Anbindung und die Datenübermittlung dazu. Allerdings sind die Betriebskosten einer Anlage ohne Netzanschluss viel grösser, da der Speicher manuell ausgelesen werden muss. Zusätzlich sind bei einem Onlineanschluss einerseits schnellere Abläufe und andererseits Fernbedienungen der Anlagen möglich. Deswegen ist ein Anschluss an ein Datennetz meist vorteilhaft. Auf den Nationalstrassen werden daher nur noch Anlagen mit Online-Anbindung eingesetzt. Zu beachten ist bei einem Anschluss an ein Datennetz, dass relativ hohe Sicherheitsanforderungen zur Datenübermittlung und für den Anlagenzugriff erforderlich sind.

Nicht berücksichtigt sind ebenfalls die Kosten für die notwendige zentrale Verarbeitung der Daten inkl. einer Station für manuelle Nachbearbeitungen. In vielen Fällen sind solche Zentralen aber bereits vorhanden, respektive für mehrere Anlagen und Hersteller kompatibel. Im Beispiel für Frankreich sind alle 1000 Anlagen an eine einzige, dementsprechend dimensionierte Anlage angebunden. In der Schweiz existiert in der Regel pro Kanton eine eigene Zentrale. Derzeit wird die Software von drei unterschiedlichen Herstellern eingesetzt.

Aufgrund der Untersuchungen in Grossbritannien und Frankreich kann davon ausgegangen werden, dass automatische unbemannte Geschwindigkeitskontrollen einen Rückgang der Unfälle von rund 15-25% bewirken. Dieser Wert ist natürlich kleiner, wenn schon häufig kontrolliert wird. Bei der unterdessen in der Schweiz doch bereits verbreiteten Anwendung von Punktkontrollen ist eher von Werten um 10-20% auszugehen. In innerstädtischen Verhältnissen mit Mischverkehr ist ein grösserer Rückgang zu erwarten als ausserorts und auf Autobahnen, ebenso in Gegenden wo bis jetzt weniger Kontrollen durchgeführt werden. Es ist hierbei jedoch zu erwähnen, dass die in den einzelnen Studien beschriebenen Effekte stark von einander abweichen können. Die Effektivität ist von mehreren Faktoren abhängig, wie dem betriebenen Kontrollaufwand, der anfänglichen Geschwindigkeit der Fahrzeuge und dem Sicherheitsniveau sowie dem Grad an Publizität der Geschwindigkeitskontrollen. Auch zwischen den Wirkungen auf die Anzahl Unfälle und die Anzahl Tote und Schwerverletzte ist je nach Ausgangslage ein unterschiedlicher Zusammenhang festzustellen.

¹² Oft wird auch „stationär“ als Begriff verwendet.

¹³ In vielen Ländern wird anstelle von „portabel“ auch „mobil“ verwendet. Im Rahmen dieses Berichts wird „mobil“ nur für Anlagen verwendet, bei denen die Kontrollanlage mobil kontrolliert, d.h. in einem Fahrzeug eingebaut ist und während der Fahrt kontrolliert (s. Nachfahrkontrollen).

¹⁴ Diese Art der Installation wird verschiedentlich auch als „semi-stationäre“ Anlage bezeichnet.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die festgestellten Auswirkungen auf das Unfallgeschehen in den untersuchten Strassenabschnitten mit Kontrollanlage oder global auf das ganze Land.

Ortslage / Strassentyp	Typ der Kontrolle	Auswirkung auf das Unfallgeschehen	Land und Studie
Gemischt	Fixe Anlagen	88% weniger Unfälle mit Verletzten vor der Anlage, 87% weniger Unfälle mit Verletzten nach der Anlage	Frankreich, 2006
Gemischt	Alle Anlagen (inkl. mobil)	22% weniger Unfälle mit Verletzten, 31% weniger Unfälle mit Toten auf allen Strassen	Frankreich, 2006
Innerorts	Fixe Anlage	22% weniger Unfälle mit Personenschaden	UK: Gains, A. (2005); PA Consulting Group; The national safety camera programme – four year evaluation report
Innerorts	Fixe Anlagen	28% weniger Unfälle	Elvik & Vaa (2004) Meta-analysis weltweit
Innerorts	Portable Anlagen	22% weniger Unfälle mit Personenschaden	UK: Gains, A. (2005); PA Consulting Group; The national safety camera programme – four year evaluation report
Ausserorts	Fixe Anlagen	18% weniger Unfälle (korrigierte Schätzung)	Elvik & Vaa (2004) Meta-analysis weltweit
Ausserorts	Fixe Anlagen	20% weniger Unfälle mit Personenschaden	Elvik (1997) Norwegen
Ausserorts	Fixe Anlagen	33% weniger Unfälle mit Personenschaden	UK: Gains, A. (2005); PA Consulting Group; The national safety camera programme – four year evaluation report
Ausserorts	Portable Anlagen	15% weniger Unfälle mit Personenschaden	UK: Gains, A. (2005); PA Consulting Group; The national safety camera programme – four year evaluation report
Ausserorts	Portable Anlagen	21% weniger Unfälle mit einem Motorfahrzeug	Goldenbeld & Van Schagen (2006) Niederlande
Autobahnen	Portable Anlagen	25% weniger geschwindigkeitsinduzierte Unfälle am Tag	Chen (2000) Kanada
Autobahnen	Versteckte Anlagen (Zusätzlicher Effekt gegenüber sichtbaren Anlagen)	11% weniger Unfälle	Keall et al. (2001) Neuseeland

Tabelle 2: Übersicht Reduktion der Unfallzahlen bei verschiedenen Projekten

Die Erkennbarkeit einer Anlage im Strassenraum hat ebenfalls einen Einfluss auf die Wirksamkeit einer Anlage. Bereits die Ankündigung einer Strategie (siehe Beispiel Frankreich) oder einer Anlage selbst (z.B. durch ein vorgelagertes Hinweisschild) hat Auswirkungen auf das Geschwindigkeitsverhalten.

Vielerorts werden die Anlagen daher bewusst gut erkennbar im Strassenraum platziert, um bei den Verkehrsteilnehmern eine präventive Wirkung zu erzielen und diese darauf hinzuweisen, dass hier kontrolliert wird. Dabei hat die örtliche Situation unmittelbar im Bereich der Kontrollanlage einen direkten Einfluss auf die Sichtdistanzen zwischen Verkehrsteilnehmer und Kontrollpunkt. Insbesondere zu kurzen Sichtdistanzen können bei ortsunkundigen Fahrzeuglenkern zu abrupten und übermässigen Bremsmanövern führen und damit das Risiko von Auffahrunfällen stark erhöhen, wenn die Anlage spät erkannt wird. Daher empfiehlt sich, sichtbare Anlagen so auszugestalten, dass sie entweder bereits von weitem gut erkennbar sind oder in angemessener Distanz zum Kontrollpunkt entsprechende Hinweissignale anzuordnen.

Ob sichtbare oder nicht-sichtbare Anlagen eingesetzt werden sollen, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Wird beispielsweise angestrebt, dass Verkehrsteilnehmer in der Nähe einer Schule ihre Geschwindigkeit reduzieren, ist es effektiver eine für die Verkehrsteilnehmer sichtbare Anlage zu installieren, vorzugsweise zusammen mit einem Warnsignal. Das angestrebte Ziel ist dann erreicht, wenn von der Anlage gar keine Verstösse mehr registriert werden. Auf der anderen Seite haben versteckte Kameras – insbesondere versteckte portable Kameras – den Vorteil, dass die Geschwindigkeitskontrollen dadurch weniger vorhersehbar werden. Versteckte (mobile) Geschwindigkeitskameras sind in vielen Fällen begleitet von einem generellen Warnschild. Durch diese Methode kann der präventive Effekt von Geschwindigkeitskontrollen gesteigert werden. Die Verkehrsteilnehmer wissen, dass eine Wahrscheinlichkeit besteht, dass sie kontrolliert werden, kennen aber den Zeitpunkt und den Ort der Kontrolle nicht. Dieses Prinzip entfaltet seine grösste Wirkung bei einer entsprechenden Kontrollendichte. Sind die Kontrollen zu wenig dicht, sinkt die Wahrscheinlichkeit, erwischt zu werden und damit auch die präventive Wirkung.

2.2.3 Nationale Programme und Untersuchungen

2.2.3.1 National safety camera programme (UK)

Die ersten automatischen unbemannten Geschwindigkeitskontrollen wurden in Grossbritannien bereits in den frühen Neunzigerjahren durchgeführt. Die durch mehrere Untersuchungen belegten Erfolge führten jedoch nicht zu einer verbreiteten Anwendung. Einer der Gründe war, dass die installierenden Stellen zwar die Kosten übernehmen mussten, nicht jedoch die Einnahmen aus den Bussen behalten durften. Diese gingen alle in den nationalen Treasury Consolidated Fund¹⁵.

Im Jahre 1998 wurde dann entschieden, dass zukünftig die Einnahmen auch für die Installation und den Betrieb der Anlagen verwendet werden dürfen. Die entsprechenden gesetzlichen Grundlagen traten 2001 in Kraft. Bedingung für eine Teilnahme am Nationalen Programm ist auch die Erhebung von statistischen Daten. Diese wurden in den ersten vier Jahren jährlich publiziert und berücksichtigen insgesamt 4100 Anlagen.

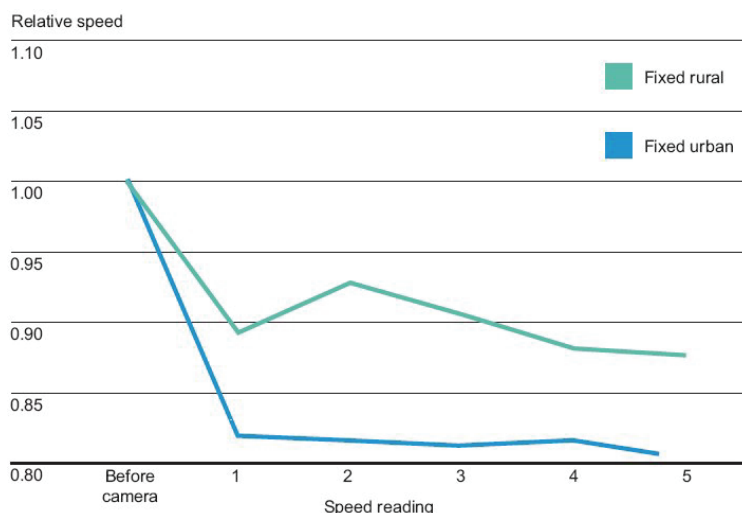


Abbildung 8: Entwicklung der Geschwindigkeiten innerorts (urban) und ausserorts (rural) bei fix installierten Anlagen in den Jahren nach Installation einer automatischen Punktkontrolle

¹⁵ Infolge der Neuordnung des Finanzausgleichs zwischen Bund und Kantonen (NFA) ist es in der Schweiz seit dem 1.1.2008 genau umgekehrt: Die Bundesamt für Strassen finanziert Erstellung und Unterhalt der Anlagen auf den Nationalstrassen, welche neu im Besitz des Bundes sind, während die Standortkantone die Einnahmen behalten dürfen.

Die unterschiedlichen Kurven zwischen ländlichen und städtischen Regionen lassen sich unter anderem darauf zurück zu führen, da das Übertretungsniveau in städtischem Umfeld (d.h. bei kleineren Geschwindigkeiten) vorher grösser war.

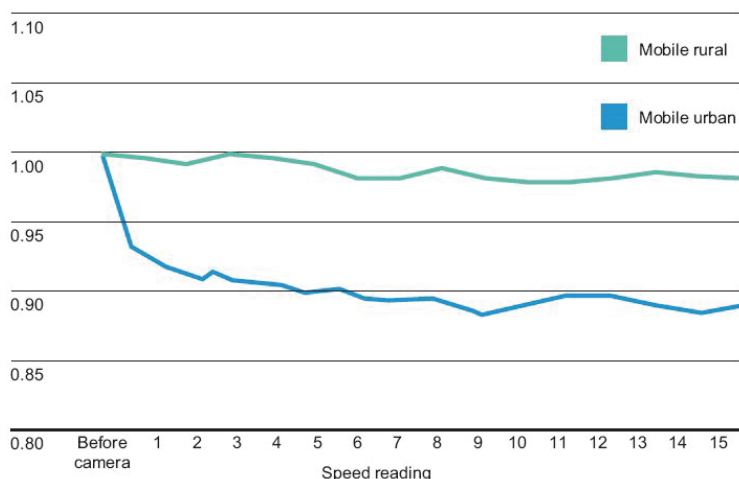


Abbildung 9: Entwicklung der Geschwindigkeiten innerorts (urban) und ausserorts (rural) bei portablen Anlagen in den Jahren nach Installation einer automatischen Punktkontrolle

Die Ergebnisse¹⁶ nach vier Jahren sind deutlich¹⁷:

- Durchschnittliche Senkung der mittleren Geschwindigkeit um 6% (2.2 mph).
- Innerstädtisch (<40mph) war die Reduktion mit 7% grösser als auf Überlandstrecken (>40mph) mit 3%.
- Die Übertretungsquote an neuen Kamerastandorten sank auf 31%.
- Sehr grosse Übertretungen (>15mph) wurden um rund 51% reduziert. Bei fixen Standorten betrug der Rückgang gar 91%, während bei Messstellen, die mit portablen Anlagen kontrolliert wurden, der Rückgang mit 36% kleiner ausfiel.
- 42% weniger Schwerverletzte oder Tote auf den Messstrecken. Dies entspricht rund 1'745 Personen. Bei fixen Standorten war der Rückgang mit 50% grösser als mit 35% bei Messstellen, die mit portablen Anlagen kontrolliert wurden.
- Insgesamt reduzierte sich die Anzahl der Unfälle mit Personenschaden um 22% oder um rund 4'230 Unfälle.
- Im Umfeld der Kamerastandorte starben rund 100 Personen (32%) weniger. Der Rückgang bei getöteten Kindern und Fussgängern betrug ebenfalls rund 30%.

Die öffentliche Akzeptanz ist beträchtlich. Rund 82% der befragten Personen befürworteten den Einsatz als Methode zur Reduzierung der Anzahl Unfälle und Unfallopfer. 71% sehen solche Kontrollen in erster Linie zur Reduzierung der Unfälle und Unfallopfer. Die Werte gingen gegenüber den Befragungen im Vorjahr und anderen damit deckungsgleichen Untersuchungen leicht zurück, bleiben aber auf einem hohen positiven Niveau.

¹⁶ Gains, A. (2005); PA Consulting Group; The national safety camera programme – four year evaluation report

¹⁷ Die Ergebnisse wurden aus 20'000 Untersuchungen von rund 4'100 Messstellen statistisch aufbereitet, wobei andere, fremde Einflüsse (nationale Trends) entfernt wurden.

Ein Zusammenhang zwischen der Abnahme der durchschnittlichen Geschwindigkeiten und dem Rückgang von Unfällen mit Personenschaden konnte eindeutig festgestellt werden.

Camera type	Changes in speed (%)				Changes in casualties (%)				
	Speed limit	% exceeding limit	% >15mph over limit	Average speed	85th percentile speed	Personal injury collisions	Killed	Killed or seriously injured	Pedestrian KSI
Fixed	Urban	-72%	-94%	-16%	-20%	-22%	-20%	-47%	-34%
	Rural	-51%	-62%	-10%	-11%	-33%	-65%	-62%	–
Mobile	Urban	-18%	-38%	-4%	-4%	-22%	-45%	-35%	-25%
	Rural	-18%	-32%	-2%	-2%	-15%	-22%	-34%	–

Tabelle 3: Zusammenhang zwischen Geschwindigkeiten und Opfern in Grossbritannien

Die Rückgänge (ausgewiesen für Punkt- und Abschnittskontrollen gemeinsam) sind überall beträchtlich und vor allem auch auf die geringe Kontrollquote vor dem Start des nationalen Programms zurückzuführen.

Wesentlicher Bestandteil des Programms waren auch genaue Vorgaben, unter welchen Bedingungen¹⁸ eine Kontrollanlage installiert werden sollte (mind. 4 Schwerverletzte in den letzten drei Jahren, Geschwindigkeit im Durchschnitt 20% über der Limite). Dies unterstützte die Akzeptanz und half den Eindruck zu vermeiden, dass die Kontrollen nur zur Äufnung der leeren Kassen durchgeführt würden. In der Schweiz ist geplant, ein ähnliches Prinzip für die Beurteilung und Auswahl möglicher Kontrollstandorte zu Grunde zu legen. Bei der Definition der Kriterien muss jedoch der ohnehin sehr tiefe Stand der Unfälle mit Schwerverletzten und Getöteten auf den schweizerischen Nationalstrassen berücksichtigt werden.

Der volkswirtschaftliche Nutzen für die Gesellschaft aufgrund von verhinderten Unfällen und deren Folgen werden auf rund 258 Millionen Pfund geschätzt. Die durch das Programm getragenen Aufwendungen betrugen rund 96 Millionen Pfund. Das Programm hat dementsprechend ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 2.7, d.h. ein im Kontrollprogramm ausgegebenes Pfund sparte der Allgemeinheit rund 2.7 Pfund ein.

Generell nicht ausgewertet wurden die Folgen der Anlagen auf die Verkehrssituation (Häufigkeit der Stauereignisse). Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass sich die Anzahl der Stautunden auf den kontrollierten Abschnitten ebenfalls reduziert hat, da sich insgesamt weniger und auch weniger schwere Unfälle ereignen. Dementsprechend ist der Nutzen für die Gesellschaft aufgrund von weniger Stauereignissen wegen den reduzierten Unfallzahlen in der Kosten-Nutzen-Analyse nicht berücksichtigt.

2.2.3.2 Contrôle sanction automatisé (Frankreich)

Seit Ende 2002 läuft in Frankreich ein Programm, das automatische unbemannte Kontrollen zur Priorität erklärt hat und die Installation solcher Anlagen landesweit vorangetrieben, koordiniert und ausgewertet hat¹⁹. Zuvor waren automatische Kontrollen in Frankreich nicht verbreitet.

¹⁸ SUPREME (2007); Thematic Report F6

¹⁹ ONISR (2006); Impact du contrôle sanction automatisé sur la sécurité routière 2003-2005

Lokaler Einfluss von Kontrollgeräten

Im Jahre 2006 waren ungefähr 1000 fixe Kontrollgeräte in Frankreich installiert, welche die französischen Autofahrer im Schnitt 20 mal pro Jahr kontrollierten. Infolge der Existenz der automatischen Kontrollen, sank der Anteil der von Kontrollgeräten detektierten Verstösse von 0.5% auf 0.3% in Bezug auf die Gesamtzahl der Durchfahrten. Es wird angenommen, dass der gegenwärtig erreichte sehr tiefe Stand der detektierten Verstösse im Vergleich zum durchschnittlichen Tagesverkehr nur schwer weiter gesenkt werden kann.

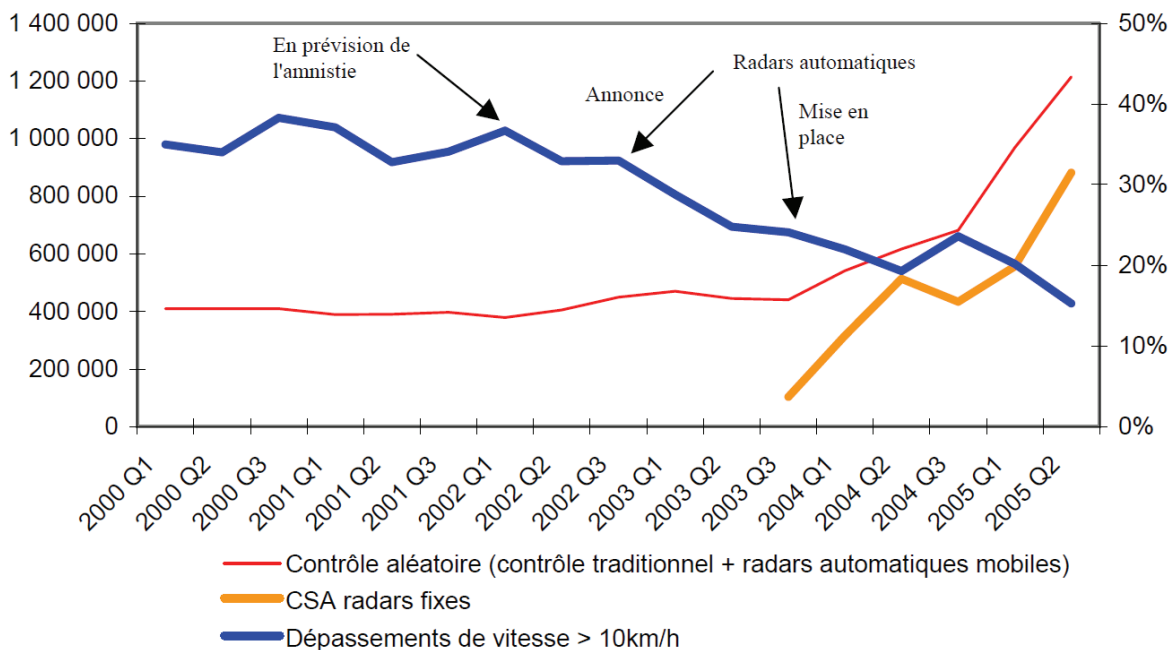


Abbildung 10: Relative Entwicklung der Geschwindigkeitsübertretungen > 10 km/h in Abhängigkeit der Kontrollhäufigkeit in Frankreich

Interessanterweise hat bereits die Ankündigung des koordinierten Programms zu einem deutlichen Rückgang bei den Übertretungen mit mehr als 10 km/h geführt (Auswertungen permanenter Zählstellen).

Dieser Rückgang des prozentualen Anteils an Verstössen aufgrund der reduzierten Geschwindigkeiten hatte einen signifikanten Einfluss auf die Unfallzahlen in der Nähe der Kontrollanlagen. So sanken in der Nähe der Kontrollgeräte die Unfälle mit Verletzten um 40% und diejenigen mit Toten um 65%. Die Reduktion der Unfälle in der Nähe der Kontrollanlagen ist nach dem Aufstellen der Kontrollgeräte deutlich höher, als die Reduktion der Unfallzahlen auf das gesamte Strassennetz verteilt. So nahmen im gleichen Zeitraum die Unfallzahlen über das gesamte Strassennetz in Bezug auf Unfälle mit Verletzten um 19% und die mit Todesopfern um 28% ab. Weiter konnte festgestellt werden, dass der Einfluss von Kontrollgeräten in Frankreich einen Einfluss auf das Verhalten der Fahrer auf einer Streckenlänge von ca. 3 km hat (ca. 1-2 km auf der dem Kontrollquerschnitt vor- und nachgelagerten Strecke).

Einfluss auf ganz Frankreich

Bei der finalen Anzahl von 1000 fixen Kontrollgeräten und 500 portablen Kontrollgeräten ist in Frankreich von ca. 9 Millionen Übertretungen pro Jahr auszugehen. Dies entspricht Bussgeldeinnahmen in der Höhe von 375 Mio € jährlich.

Evolution du nombre de radars automatiques

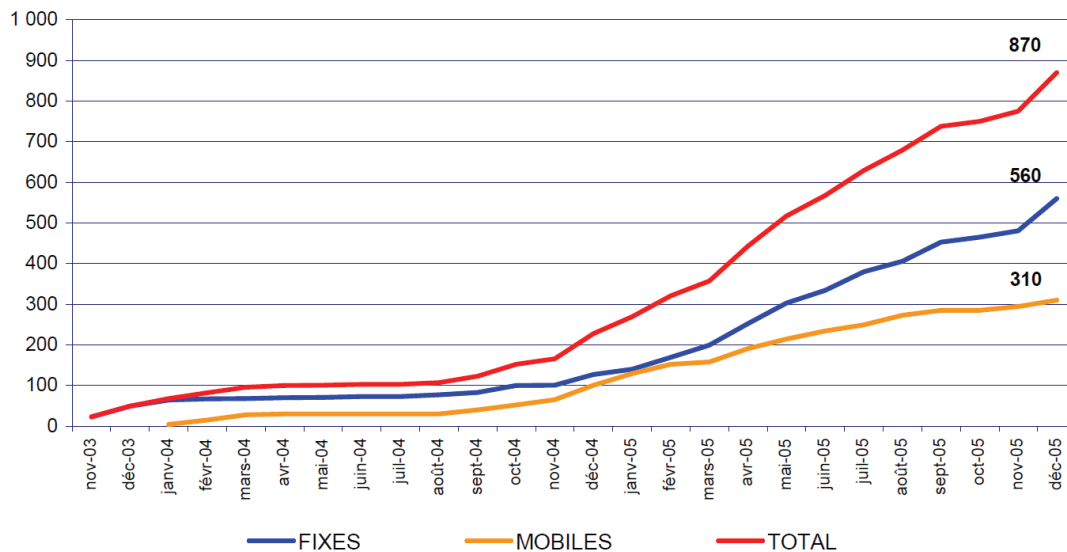
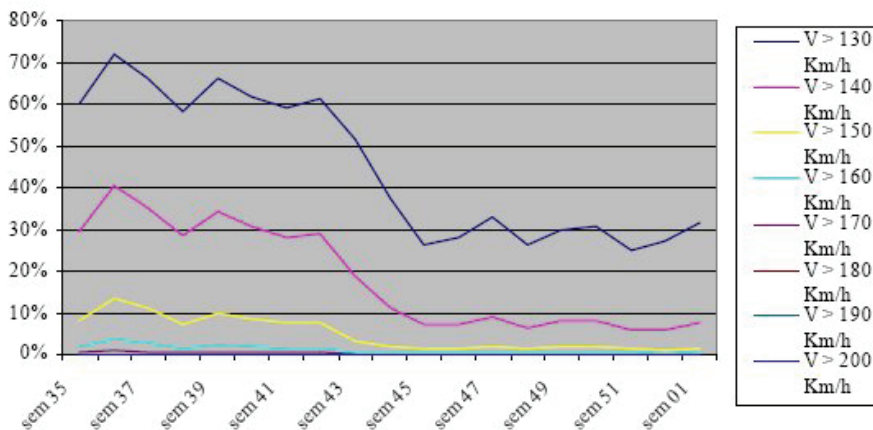


Abbildung 11: Entwicklung der Anzahl an automatischen Kontrollanlagen in Frankreich

Der Prozentsatz der registrierten Geschwindigkeitsüberschreitungen von über 10 km/h ist in Frankreich seit 2003 von 35% auf 19% im Jahre 2005 gesunken. Der Prozentsatz der Geschwindigkeitsüberschreitungen von über 30 km/h teilte sich in der gleichen Zeitspanne durch den Faktor 5. Weiter sank die mittlere Geschwindigkeit über alle Kontrollstellen in Frankreich in der gleichen Zeitspanne um 5 km/h. Dieser Effekt konnte im speziellen auch mit einem Versuch der Anzeige einer Durchschnittsgeschwindigkeit auf der A10 festgestellt werden.

Contrôle de vitesse moyenne
Pourcentage de dépassement par seuil

Abbildung 12: Geschwindigkeitsverteilung auf der A10 in Frankreich²⁰

²⁰ Frémont, F. (2004); Cofiroute: Improving road safety with the Average Speed Information system, ITS European Congress Budapest

Akzeptanz des Systems

Grundsätzlich konnte eine gute Akzeptanz der Kontrollen bei der Bevölkerung festgestellt werden. So wurde ermittelt, dass $\frac{3}{4}$ der Franzosen in der Einführung der Kontrollen den Hauptgrund für die Senkung der Geschwindigkeiten und den Rückgang der Unfallzahlen sehen. Allerdings konnte auch festgestellt werden, dass gut $\frac{1}{4}$ der Autofahrer der Meinung ist, dass für sie kein grosses Risiko besteht kontrolliert zu werden. Etwa gleich viele Befragte sprechen sich weiter gegen das Kontrollsystem aus.

Bestehende Schwächen des Systems

In der Studie wurde bemerkt, dass die Erfassungsquoten der einzelnen Kontrollanlagen stark voneinander abweichen. Die Verfasser schlossen daraus, dass im Falle einer zu tiefen Erfassungsquote von Kontrollanlagen der Standort nicht optimal gewählt wurde, während hingegen bei einer hohen Erfassungsquote geprüft werden müsste, ob die Geschwindigkeitsbeschränkungen im kontrollierten Segment gut der Strassensituation angepasst sind.

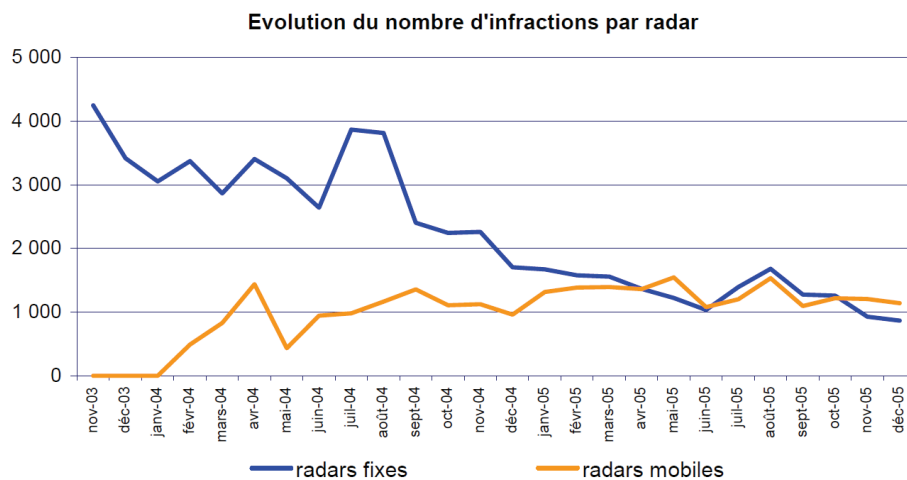


Abbildung 13: Entwicklung der Anzahl erfasster Verstösse pro Kontrollanlage

Ausländische Fahrzeuglenker verursachen in Frankreich 22% der Verstösse. Allerdings profitiert die Mehrzahl der ausländischen Fahrzeuglenker gegenwärtig noch von einer Art „Straflosigkeit“ in der Ahndung der Verstösse²¹. Es kann jedoch festgestellt werden, dass dies keinen gravierenden Einfluss auf die Verkehrssicherheit in Frankreich hat, zumal der Anteil der in schwere Unfälle verwickelten ausländischen Fahrzeuglenker im Verlaufe der letzten Jahre abgenommen hat. Das Thema hat allerdings eine gewisse politische Brisanz infolge fehlender Gleichbehandlung von französischen und ausländischen Fahrzeuglenkern.

Ein grosses Problem im gegenwärtigen Kontrollsystem in Frankreich besteht in der sehr tiefen Anzahl an Kontrollgeräten, welche das Fahrzeug auch von hinten fotografieren. Dies hat zur Konsequenz, dass es in den meisten Fällen nicht möglich ist, Motorradfahrer zu ermitteln. Da die Motorräder aber die Fahrzeugkategorie mit den meisten Geschwindigkeitsüberschreitungen darstellen, besteht hier eindeutig Handlungsbedarf.

²¹ Im Rahmen des „cross-border enforcement“ hat die Schweiz sowohl mit Frankreich als auch mit Deutschland bilaterale Abkommen getroffen, in welchen sich die Mitgliedsländer verpflichten, Verkehrsverstösse zu verfolgen und zu ahnden, welche mit einem Fahrzeug begangen wurden, das in einem anderen Mitgliedsland immatrikuliert ist als jenes Mitgliedsland, in welchem der Verstoß stattfand.

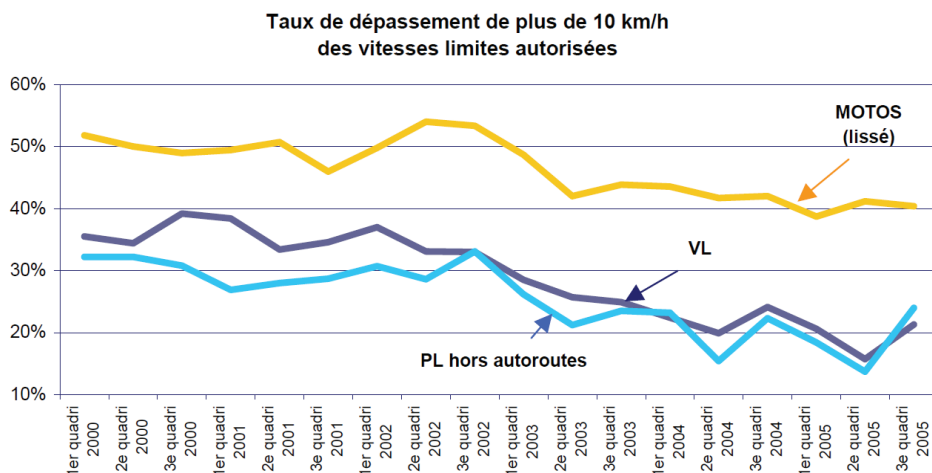


Abbildung 14: Prozentualer Anteil der Geschwindigkeitsüberschreitungen vom mehr als 10 km/h

Mit Blick in die Zukunft muss die Frage gestellt werden, wie nachhaltig die mit der Einführung der Kontrollen erzielten Erfolge bei der Geschwindigkeitsreduktion und der damit zusammenhängenden sehr deutlichen Reduktion der Unfälle ist. So gab es im Jahre 2003 eine sehr starke Reaktion seitens der Verkehrsteilnehmer auf die Kontrollen. Ende 2004 hingegen kam es zu einer Stagnation in der Zahl der negativen Reaktionen. Neue Anlagen werden in Frankreich sicherlich nicht mehr die gleichen Reduktionszahlen aufweisen wie die in den ersten Jahren errichteten.

2.2.3.3 Untersuchung der Kantonspolizei Zürich

In einer Studie der Verkehrstechnischen Abteilung der Kantonspolizei Zürich aus dem Jahr 1993 wurden die Auswirkungen von Radarkabinen auf das Verkehrs- und Unfallgeschehen analysiert²². Die Untersuchung hatte den Einfluss von Radaranlagen auf das Geschwindigkeitsverhalten zum Gegenstand. Es wurde abgeklärt, ob im Bereich von Radaranlagen langsamer gefahren wird und inwiefern der Standort der Radaranlage einen Einfluss auf das Geschwindigkeitsverhalten hat.

Die Messeinrichtungen für die Untersuchungen wurden am Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen und Eisenbahnbau (IVT) an der ETH entwickelt und hergestellt. Das System bestand aus 12 unabhängigen Messeinheiten, welche in Strassenleitpfosten integriert werden konnten, und einem Steuergerät. Mit dieser Tarnung wurde sichergestellt, dass die Messeinrichtung keinen Einfluss auf das Fahrverhalten der Verkehrsteilnehmer ausübte. Die Erhebungen zum Geschwindigkeitsverhalten wurden im Herbst 1993 an drei verschiedenen Standorten durchgeführt. Die Messungen fanden bei trockener Witterung während der Haupt- und Nebenverkehrszeit statt.

Im Folgenden werden die Ergebnisse aus den Untersuchungen am Standort G23 (A53 Hegnau) dargestellt. Beim untersuchten Abschnitt handelt es sich um einen Autobahnabschnitt im Kurvenbereich mit einer signalisierten Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h. Der untersuchte Streckenabschnitt ist zudem als Unfallschwerpunkt in Erscheinung getreten.

Auf Basis der Geschwindigkeitsmessungen von Einzelfahrzeugen wurden folgende Kenngrössen zum Geschwindigkeitsverhalten ausgewertet:

²² Kantonspolizei Zürich, Verkehrstechnische Abteilung (1993); Auswirkungen von Radarkabinen auf das Verkehrs- und Unfallgeschehen

- $V_{85\%}$ Wert (Geschwindigkeit, welche von 85% aller Fahrzeuge eingehalten wird; dieser Wert ist charakteristisch für die Gruppe schnell fahrender Fahrzeuge)
- V_{\max} (maximale Geschwindigkeit die erfasst wurde)
- Mittlere Geschwindigkeit V_m
- Standardabweichung s

$V_{85\%}$ -Geschwindigkeitsverlauf

In der Untersuchung konnte festgestellt werden, dass das Geschwindigkeitsverhalten auf den 500 m vor der Radarkabine für die Haupt- und Nebenverkehrszeit nahezu identisch ist. Der $V_{85\%}$ -Wert liegt etwa 5 km/h über der erlaubten Höchstgeschwindigkeit. Im Bereich der Radarkabine kommt es besonders bei den Berufspendlern (07.20 – 07.40 Uhr) zu einer Überreaktion, bei der die Geschwindigkeit deutlich unter die erlaubte Höchstgeschwindigkeit fällt. Nach der Radarkabine beschleunigen insbesondere die Berufspendler sehr stark. Bereits 150 m nach dem Standort beträgt der $V_{85\%}$ -Wert 95 km/h, trotz Kurve mit signalisierte Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h.

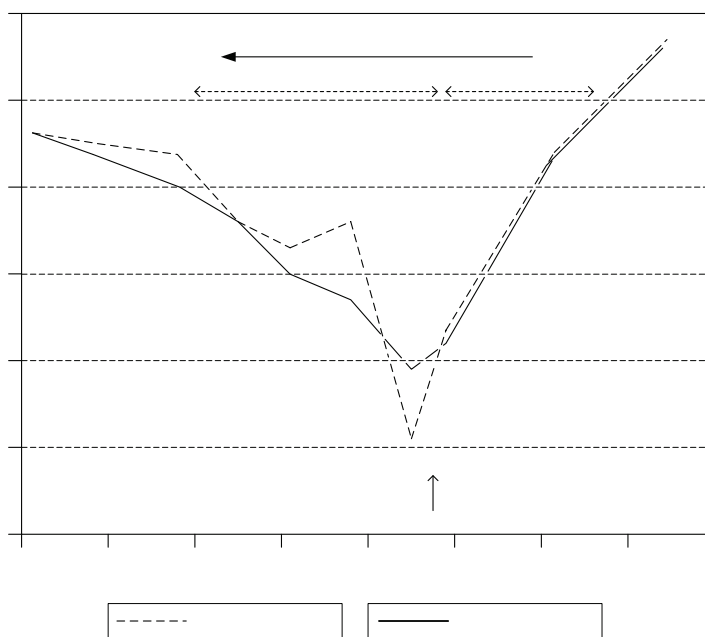


Abbildung 15: $V_{85\%}$ -Geschwindigkeitsverlauf während der Hauptverkehrszeit (07:20-07:40) und Nebenverkehrszeit (08:50-09:20)

Verlauf der maximalen Geschwindigkeiten

Zur Haupt- und Nebenverkehrszeit liegen die V_{\max} -Werte bei 120 – 130 km/h. Bemerkenswert ist, dass für den Zeitraum mit vorwiegend Berufspendlerverkehr die maximal gemessene Geschwindigkeit im Bereich der Radarkabine stark sinkt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Fahrzeuglenker zwischen 07.20 – 07.40 die Strecke auf dem Weg zur Arbeit täglich passieren und somit mit den örtlichen Gegebenheiten (Standort einer Radarkabine) bestens vertraut sind.

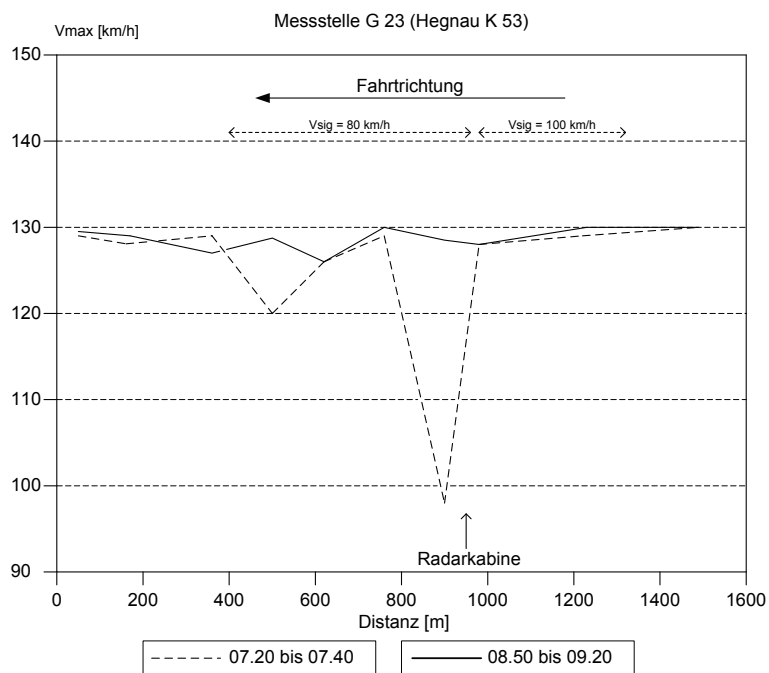


Abbildung 16: Verlauf der maximal gemessenen Geschwindigkeiten während der Hauptverkehrszeit (07:20-07:40) und Nebenverkehrszeit (08:50-09:20)

Verlauf der mittleren Geschwindigkeiten

Die mittleren Geschwindigkeiten liegen im Vergleich zu den $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten bei einem ähnlichen Verlauf etwa um 5-10 km/h tiefer.

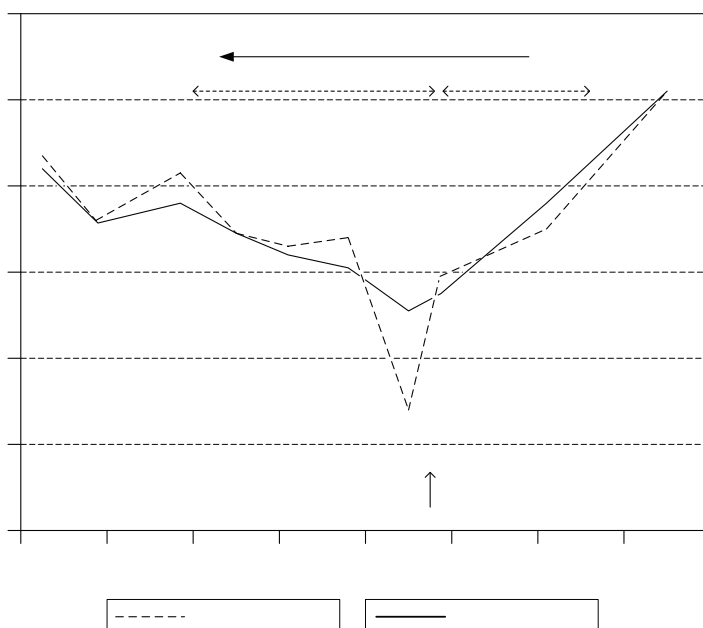


Abbildung 17: Verlauf der mittleren Geschwindigkeiten während der Hauptverkehrszeit (07:20-07:40) und Nebenverkehrszeit (08:50-09:20)

Standardabweichung

Die Standardabweichungen während der Hauptverkehrszeit liegen im Vergleich zur Nebenverkehrszeit ca. 3 km/h höher. Im Bereich der Radarkabine wird die Standardabweichung deutlich geringer (8 km/h für beide Beobachtungszeiten). Somit ist das Geschwindigkeitsverhalten im unmittelbaren Bereich der Radarkabine homogener.

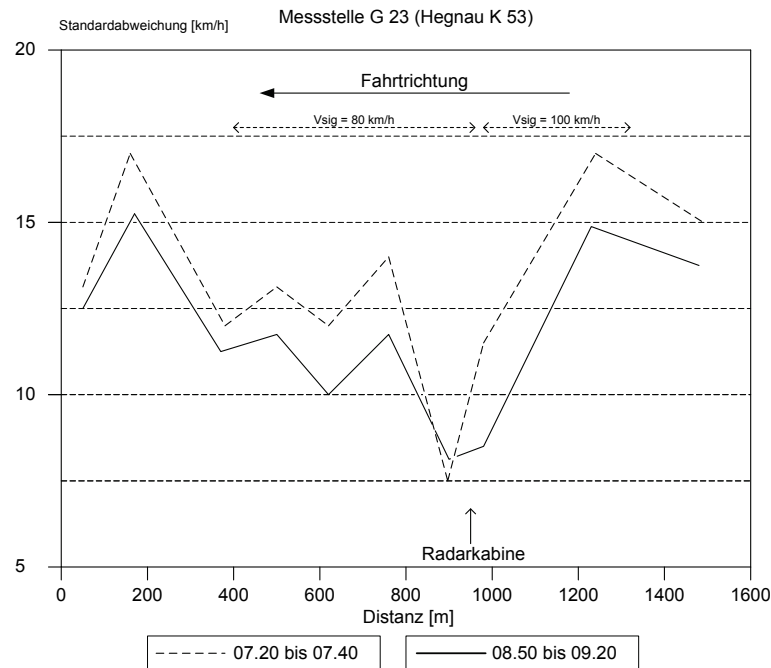


Abbildung 18: Verlauf der Standardabweichung während der Hauptverkehrszeit (07:20-07:40) und Nebenverkehrszeit (08:50-09:20)

Fazit der Untersuchung

In der Untersuchung aus dem Jahre 1993 konnte nachgewiesen werden, dass eine Radarkontrollanlage das Geschwindigkeitsverhalten der Fahrer auf dem Abschnitt um die Radarkabine sehr stark beeinflusst. Im besonderen Berufspendler ändern ihr Geschwindigkeitsverhalten im Bereich um die Radarkabine massiv, so dass die signalisierte Geschwindigkeit teilweise deutlich unterschritten wird. Der positive Einfluss dieser Punktkontrollanlagen auf das Geschwindigkeitsverhalten ist jedoch nur im Bereich der Radarkabine festzustellen. Vor und nach der Radarkabine wird die signalisierte Höchstgeschwindigkeit deutlich überschritten.

Die Untersuchung zeigt, dass die Punktkontrollanlage zur Einhaltung der signalisierten Höchstgeschwindigkeit nur in einem sehr beschränkten Bereich wirksam ist. Gerade auf Grund dieser Erfahrung wird eine Untersuchung der Auswirkungen von Abschnittsgeschwindigkeitskontrollen auf das Geschwindigkeitsverhalten und gegebenenfalls auf die Stauentwicklung und die Gefahr von Auffahrunfällen im direkten Umfeld einer Anlage umso interessanter.

2.3 Abschnittsgeschwindigkeitskontrollen

2.3.1 Funktionsweise und Technik

In den letzten Jahren wurde in verschiedenen Ländern die (systembedingt automatische und unbemannte) Abschnittsgeschwindigkeitskontrolle (AGK) eingeführt. Je nach Einsatzland wird diese Art der Geschwindigkeitskontrolle auch als „Section Control“ (Österreich), „Traject Speed Control“ (Holland) oder „Time over Distance Control“ (Grossbritannien) bezeichnet.

Anstatt an einem Ort die Momentangeschwindigkeit zu kontrollieren (Punktkontrolle), wird mit einer AGK die Durchschnittsgeschwindigkeit über einen Abschnitt überwacht. An zwei aufeinanderfolgenden Querschnitten werden sämtliche Fahrzeuge erfasst und mindestens ein Fahrzeugmerkmal registriert. Merkmale können in Form eines elektronischen Fingerabdrucks (Vehicle Detection Tag) oder anhand des automatisch ausgelesenen Kontrollschildes bestimmt werden. Die Kontrollstellen können mehrere Kilometer auseinander liegen. Zusammen mit der genauen Zeit der jeweiligen Passage werden die Fahrzeugbilder gespeichert. Durch die Zuordnung der beiden Durchfahrten anhand der Fahrzeugmerkmale kann die vom Fahrzeug benötigte Zeit für die Passage des Abschnittes bestimmt werden. Mit der bekannten Distanz zwischen den beiden Kontrollstellen lässt sich so die Durchschnittsgeschwindigkeit des Fahrzeuges in diesem Abschnitt errechnen.

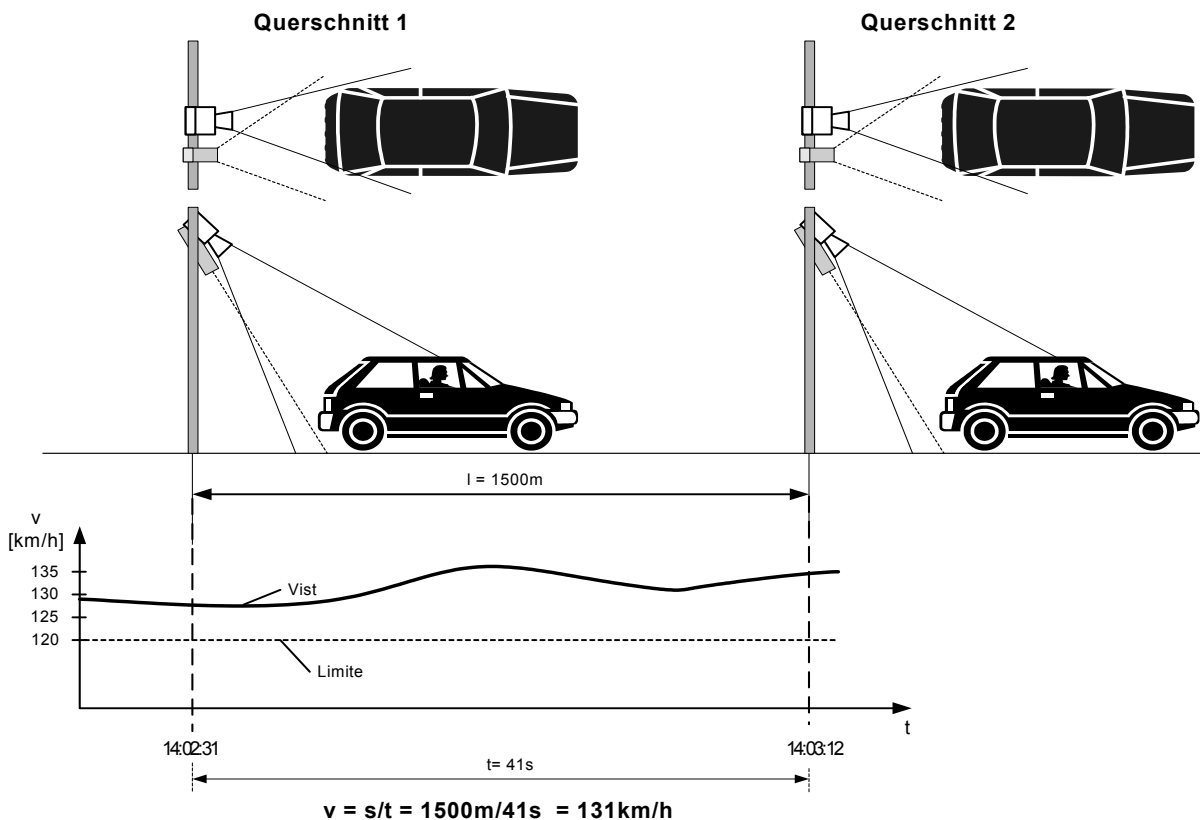


Abbildung 19: Funktionsprinzip einer Abschnittsgeschwindigkeitskontrolle²³

²³ Egeler, Ch. (2003); Rapp Trans AG; Machbarkeitsstudie Abschnittsgeschwindigkeitskontrolle

Unterdessen sind Anlagen in Italien, den Niederlanden, Österreich, Grossbritannien und Norwegen in Betrieb. Mit Ausnahme von Norwegen kann in den genannten Ländern (zumindest im Bereich der administrativ vereinfachten Verfahren) jeweils der Fahrzeughalter gebüsst werden, wenn dieser den Fahrer nicht bekannt geben will oder kann. Es gilt also die nicht die Fahrer- sondern die Halterhaftung. Die Anlagen in diesen Ländern verfügen deshalb nicht über eine separate Fahrererkennung für die Beweisbilderfassung.

Diese Funktionalität ist in der Schweiz (und in Norwegen) jedoch praktisch unverzichtbar, da es ansonsten nicht oder zumindest nur mit enormem Aufwand möglich ist, den Fahrzeuglenker zu ermitteln. Das Problem dabei ist, dass aufgrund der optischen Beschaffenheit der Fahrzeugfrontscheiben der Einsatz von sichtbaren Aufhellblitzen (nach heutigem Stand) bei der Erfassung der Fahrererkennungsbilder unumgänglich ist. Dieser sichtbare Blitz soll aber nur dann ausgelöst werden, wenn ein Verstoß in Form einer Geschwindigkeitsübertretung vorliegt, dies auch aus Datenschutzgründen. Die Positionierung der Fahrererkennung muss dabei so gewählt werden, dass für die Anlage ausreichend Auswertungszeit zwischen Passage des Fahrzeuges am Austrittsquerschnitt und der Fahrererkennung verbleibt und dennoch eine klare Zuordnung zum gemessenen Fahrzeug möglich ist (z.B. kein Fahrstreifenwechsel oder keine starke Geschwindigkeitsänderung in der Zwischenzeit).

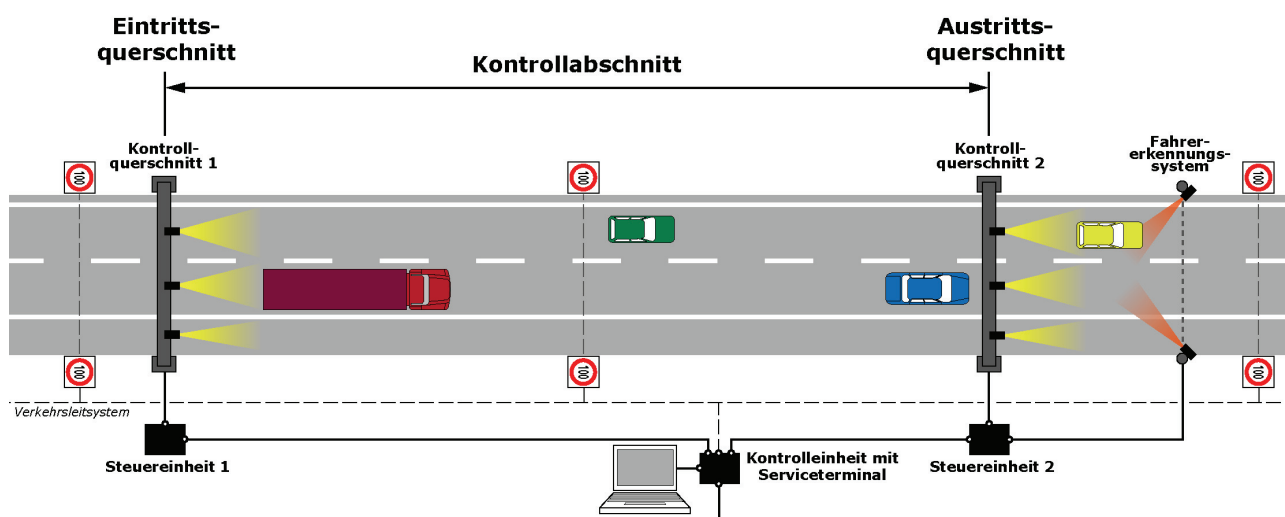


Abbildung 20: Aufbau und Komponenten einer Abschnittsgeschwindigkeitskontrolle²⁴

2.3.2 Erfahrungen mit Abschnittsgeschwindigkeitskontrollen

In Europa wurden bisher in Italien, Grossbritannien, Österreich, Norwegen sowie den Niederlanden praktische Erfahrungen mit AGK gesammelt. In allen Fällen sank die ursprünglich teilweise deutlich zu hohe Durchschnittsgeschwindigkeit annähernd auf die signalisierte Höchstgeschwindigkeit. Ebenso verzeichnete man einen deutlichen Rückgang der Unfälle, teilweise auch der Stauereignisse, wodurch die tatsächliche Verkehrsleistung der stark befahrenen Autobahnabschnitte gesteigert werden konnte. Dabei darf angenommen werden, dass die verminderten Geschwindigkeitsdifferenzen für die Verbesserungen der Verkehrsleistung verantwortlich sind. Allerdings wurden in Grossbritannien, im Gegensatz zu Holland und Österreich, nur kleine Unterschiede in der Wirkung zwischen automatischen

²⁴ Egeler, Ch. (2003); Rapp Trans AG; Machbarkeitsstudie Abschnittsgeschwindigkeitskontrolle

Punktkontrollen und AGK festgestellt. Diese geringe Differenz kann darauf zurückgeführt werden, dass bei der Auswertung der Punktkontrollen in England nur die Daten der Anlagen selbst berücksichtigt wurden, während im Umfeld der Punktkontrolle keine Messungen durchgeführt wurden.

Im Hinblick auf die Schweiz müssen die Ergebnisse aus Norwegen, Holland und Österreich dabei wohl als relevanter eingestuft werden. Dies weil die Kontrolldichte in diesen beiden Ländern bereits vor Einführung der AGK hoch war, was auch für die Schweiz zutrifft. In Grossbritannien und Italien dagegen wurde die Kontrolldichte bei Einführung der AGK signifikant erhöht. Damit ist es schwierig zu differenzieren zwischen einer allgemeinen Wirkung von Geschwindigkeitskontrollen und einer spezifischen Wirkung von AGK.

Aufgrund der Medienreaktionen und der in den Online-Medien eingetragenen Feedbacks der Leser kann von einer durchwachsenen Akzeptanz in der Bevölkerung ausgegangen werden. Auffallend ist, dass in Feedbackforen, in denen sich die Teilnehmer namentlich registrieren müssen, die Reaktionen deutlich positiver ausfielen und die Kritik differenzierter war.

In einer nicht-repräsentativen Umfrage in der Basler Zeitung vom Oktober 2010 wurde die Anlage am Arisdorftunnel im Kanton Basel-Landschaft mehrheitlich begrüsst (56% Ja zu 44% Nein). Die Anlage wird als fairer empfunden als bisherige automatische Punktkontrollen oder Kontrollen durch mobile Polizeifahrzeuge. Eine vertiefte repräsentative Untersuchung wäre sicherlich aufschlussreich.

Implizit werden bei AGK-Anlagen Geschwindigkeiten nicht überwacht²⁵, die temporär über der zulässigen Höchstgeschwindigkeit liegen. Kritiker der Anlagen befürchteten im Vorfeld, dass sich viele Fahrer erst innerhalb der kontrollierten Strecke einer Geschwindigkeitsüberschreitung bewusst werden und im darauf folgenden Streckenabschnitt versuchen, dies mit Langsamfahrten zu kompensieren. In den Untersuchungen konnte ein solches Verhalten allerdings nicht nachgewiesen werden. Dennoch sollte auf AGK-Hinweistafeln innerhalb des kontrollierten Abschnitts eher verzichtet und die Information auf den Einfahrts- und allenfalls Ausfahrtsquerschnitt konzentriert werden.

Die Kosten für eine AGK-Anlage wurden für die Schweiz im Zeitpunkt der Ausschreibung auf rund CHF 500'000.- geschätzt. Bei der Kostenschätzung ist aber zu berücksichtigen, dass die Angaben auf sehr kleinen Zahlengrundlagen basieren und Referenzobjekte (AGK mit Fahrererkennung) bislang fehlten.

Die Machbarkeitstudie für eine Abschnittsgeschwindigkeitskontrolle am Belchentunnel²⁶ auf der A2 aus dem Jahr 2003 zeigte zudem auf, dass zum damaligen Zeitpunkt für die Schweiz noch einige technische und rechtliche Aspekte zu klären waren. Diese betrafen vor allem die Fahrererkennung, den notwendigen doppelten Nachweis der Durchschnittsgeschwindigkeit und die Schaffung der notwendigen rechtlichen Grundlagen²⁷. Im Hinblick auf die AGK-Pilotversuche sind diese Aspekte bei der Überarbeitung der entsprechenden Verordnungen und technischen Weisungen in der Zwischenzeit berücksichtigt worden.

²⁵ Wird die Hälfte des kontrollierten Abschnitts mit einer um 5 km/h unter der zulässigen Limite liegenden Geschwindigkeit befahren, kann die andere Hälfte des Streckenabschnitts mit einer um 5 km/h über der Limite liegenden Geschwindigkeit befahren werden.

²⁶ Egeler, Ch. (2003); Rapp Trans AG; Machbarkeitsstudie Abschnittsgeschwindigkeitskontrolle

²⁷ z.B. Ergänzung der Geschwindigkeitsmessmittel-Verordnung SR 941.261 und der technischen Weisungen über polizeiliche Geschwindigkeitskontrollen und Rotlichtüberwachung im Strassenverkehr

2.3.3 Einsatz in Italien

2.3.3.1 Systembeschreibung

Seit 2006 hat der italienische Autobahnkonzessionär Autostrade d'Italia unterdessen 16 Abschnittsgeschwindigkeitskontrollanlagen in Betrieb genommen. Die Anlagen kontrollieren die Durchschnittsgeschwindigkeit jeweils über Abschnitte von 5 bis 30 Kilometern Länge, insgesamt rund 1'250 km auf der Autobahn.

Im Abschnittsgeschwindigkeitssystem der Autostrade per l'Italia berechnet das System die Zeit, die ein Fahrzeug benötigt, um zwei Erfassungssysteme zu durchfahren, deren Zwischendistanz bekannt ist. Ein Fahrzeug wird dabei mittels der automatischen Kontrollschild- und Fahrzeugerkennung identifiziert. Ein Verstoß gegen die zulässige Geschwindigkeitslimite liegt dann vor, wenn eine definierte minimale Zeitspanne unterschritten wurde. Die Erfassung der Durchschnittsgeschwindigkeit ist im Wesentlichen von drei Faktoren abhängig²⁸:

- Die exakte Distanz zwischen zwei Erfassungsquerschnitten, welche mittels einer klar definierten Prozedur mit Hoch-Präzisionsmesswerkzeugen ermittelt wird.
- Der Zeitpunkt, an welchen der Erfassungsquerschnitt passiert wurde. Dank einem GPS Empfänger und einem zusammenhängenden Synchronisationsprozess laufen die Uhren an allen Erfassungsquerschnitten synchron.
- Die Fahrzeugkategorie, welche über Sensoren ermittelt wird. Die Klassifizierung ist wichtig zur Ermittlung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit für das jeweilige Fahrzeug (z.B. LKW max. 80 km/h).

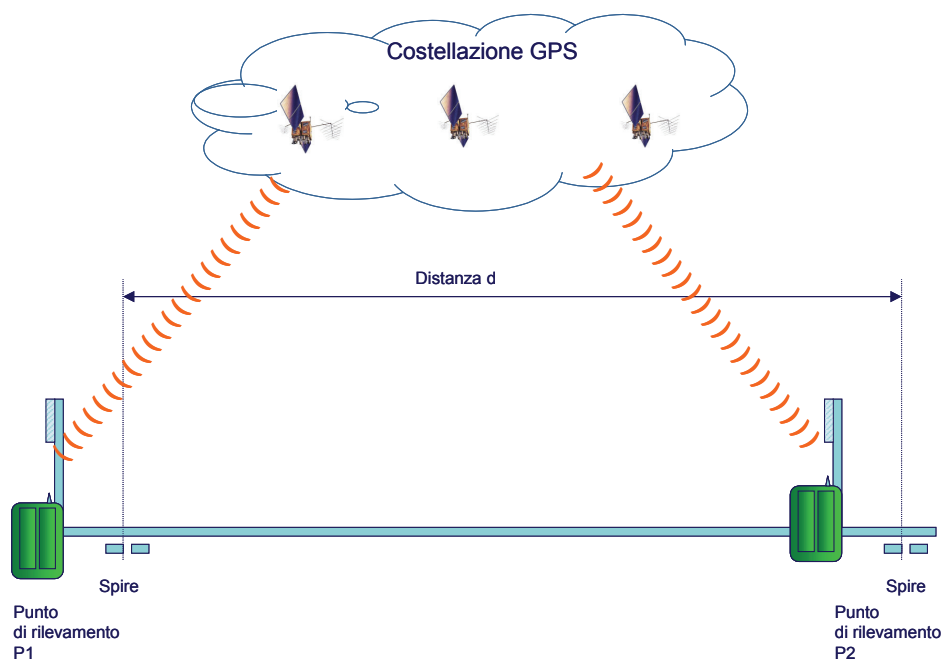


Abbildung 21: Zusammenspiel der drei Faktoren zur Ermittlung der Durchschnittsgeschwindigkeit

²⁸ Autostrade per l'Italia (2008); Speed Control Information System (SICVe). System description

Die Abschnittsgeschwindigkeitskontrollanlagen in Italien bestehen aus folgenden Komponenten:

- Peripheres Erfassungssystem
- Kommunikationssystem und entsprechende Software
- Systeme und Software zur Sicherheit der Informationssysteme
- „Elaboration“ Zentralsystem
- PC der Polizei

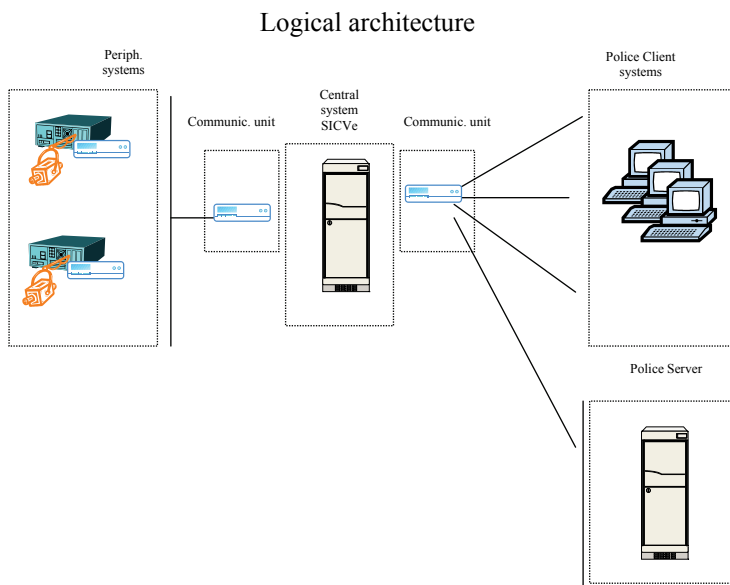


Abbildung 22: Systemarchitektur Abschnittsgeschwindigkeitskontrolle in Italien

Das periphere Erfassungssystem besteht aus mehreren Modulen, welche auf der bereits bestehenden Infrastruktur (Übergänge, Portale) installiert werden können²⁹:

- Integrierte Einheit zur Fahrzeugerkennung, Beweisbilderstellung (Foto) und Kontrollschilderkennung (URV)³⁰
- Lokale „Elaborating“ Einheit (UEL)³¹, welche für die Koordination und Synchronisation des gesamten peripheren Systems zuständig ist und die erfassten Daten sichert und archiviert.
- Synchronisierungseinheit für die stündliche Synchronisation von Datum und Uhrzeit der peripheren Systeme mittels GPS-Empfangeinheit (in UEL integriert)
- Sicherheitsmodul für das sichere Management der erfassten Daten (in UEL integriert).
- Kommunikationseinheit für die Datenübertragung

²⁹ Autostrade per l'Italia (2008); Speed Control Information System (SICVe). System description

³⁰ Unità integrata di rilevamento veicoli, ripresa immagine, e lettura targhe (URV)

³¹ Unità di elaborazione locale (UEL)

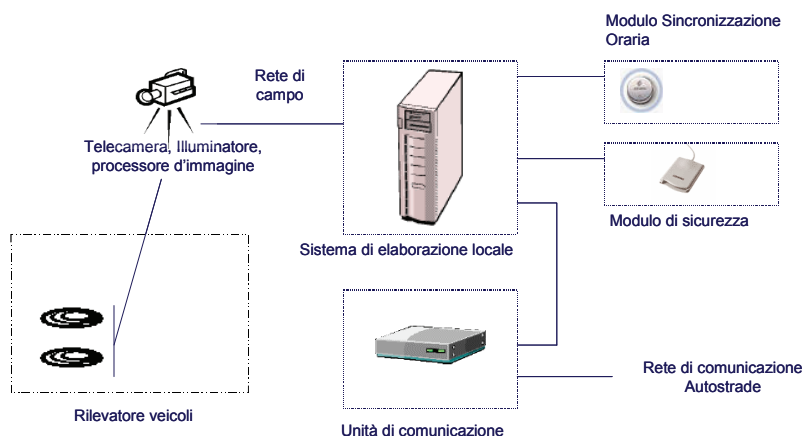


Abbildung 23: Komponenten des peripheren Erfassungssystems

2.3.3.2 Auswirkungen auf das Unfallgeschehen und betriebliche Erfahrungen

Die Wirkung, welche mit dem italienischen AGK-System bereits im ersten Betriebsjahr (rund 460 km ausgerüstet) erzielt werden konnte, ist beachtlich. So hat sich das Risiko eines Unfalls mit Todesfolge im Vorher/Nachher-Vergleich halbiert. Das Risiko, bei einem Unfall verletzt zu werden reduzierte sich um ein Viertel, und das Unfallrisiko ging insgesamt um rund 20% zurück.

	Sep 2005 - Aug 2006	Sep 2006 - Aug 2007	Change
Death rate	0.84	0.41	-50.9%
Injury rate	23.60	17.28	-26.8%
Accident rate	50.04	40.47	-19.1%

Tabelle 4: Auswirkungen des Tutor-Systems in Italien (Tote, Verletzte, Unfälle)³²

Das Tutor-System wurde bis Ende 2008 auf rund 1'700 Kilometer ausgebaut. Auf Wechseltextanzeigen und mit Hinweisschildern werden die Verkehrsteilnehmer auf die Kontrolle der Durchschnittsgeschwindigkeit hingewiesen.

Abbildung 24: Ankündigung der Abschnittsgeschwindigkeitskontrollen in Italien³³

³² ETSC (2008); 2nd Road Safety PIN Report

³³ Quelle: www.weiss-electronic.de

Die Grenzen des Abschnittsgeschwindigkeitskontrollsystems liegen aufgrund der Erfahrungen im italienischen System sowohl in den verschiedenen Systemkomponenten und deren Softwaremodule als auch in den zu erfassenden Objekten (Fahrzeuge und Kontrollschilder).³⁴

Für die URV Komponenten liegen die Fehlerquellen in einer Nichterfassung des Fahrzeugs (weniger als 1% der Fälle) sowie in der Unter- bzw. Überbelichtung der Fotos (weniger als 1% der Fälle). Die OCR Software erkennt über 93% der Kontrollschilder in den Fotos.

Die Präzision des Zeitstempels bei den Erfassungsgeräten sowie in der Distanzmessung hängt im automatischen Betrieb des Erfassungssystems ebenfalls von Kapazität der Nummerschilderfassung an den beiden Erfassungsquerschnitten des kontrollierten Streckenabschnittes ab.

Um die Leistungsfähigkeit des Systems zu verbessern, werden in Italien nicht automatisch erkannte Kontrollschilder durch ein OCR mit höherer Erfassungskapazität oder manuell durch eine Person ausgelesen. Diese Nachbearbeitung ist jedoch sehr umständlich, da alle Durchfahrten analysiert werden müssen und nicht nur diejenigen, bei welchen eine Geschwindigkeitsüberschreitung stattfand.

Die korrekte Erfassungsquote der automatischen Abschnittsgeschwindigkeitskontrollen liegt total bei 90% aller Durchfahrten.

2.3.4 Einsatz in Österreich

2.3.4.1 Systembeschreibung

In Österreich existieren folgende Section Control Anlagen (Stand Februar 2009):

- Section Control im Kaisermühlentunnel in Wien (A22)³⁵ [Nr. 1 im Bild]
- Section Control am Wechsel in Niederösterreich (A2) [Nr. 2 im Bild]
- Section Control im Bereich Ehrenbergtunnel (A2) (ab Juni 2009 in Betrieb, bestehende Section Control Anlage von der A10 wird übersiedelt)

Die mobile Section Control Anlage, welche auf der A2 zwischen Gleisdorf und Lassnitzhöhe zur Überwachung eines Baustellenabschnittes zum Einsatz kam, wurde nach Beendigung der Bauarbeiten im November 2009 wieder abgebaut.



Abbildung 25: Standorte der zwei aktiven Section Control Anlagen in Österreich (Februar 2009) ³⁶

³⁴ Autostrade per l'Italia (2008); Speed Control Information System (SICVe). System description

³⁵ ÖMATC (2009); Section Control-Überwachungen. Bis Juni 2009 nur zwei fixe Streckenradars scharf. Gefunden am 13.2.2009 unter <http://www.oemtc.at/netautor/pages/resshp/anwendg/1103906.html>

³⁶ Quelle: www.weiss-electronic.de

Die Kosten für die am längsten im Einsatz stehende Section Control Anlage Österreichs im Kaisermühlentunnel beliefen sich auf rund 1 Mio. CHF. Diese Kosten umfassen sämtliche Bauten, Anschaffungen und Arbeitsaufwand für Projektierung, Entwicklung und Bau. Der Server und die Arbeitsstation bei der Polizei gehörten hingegen nicht zum Lieferumfang. Gemäss Aussagen der ASFINAG belaufen sich die Kosten für einen Erfassungsquerschnitt mit Kameras, IR-Blitzgeräten, Lichtsensoren, Rasterlasern für vier Spuren und einem strassenseitigen Schrank mit Rechner auf ca. 350'000 CHF.

Bis zu einer Geschwindigkeit von 100 km/h beträgt die Toleranz bei den österreichischen Section Control Anlagen 3 km/h, ab einer Geschwindigkeit von über 100 km/h 3 Prozent.

Neben der Überwachung der mittleren Geschwindigkeit werden die Anlagen auch zur Fahrstreifenüberwachung eingesetzt. So kann die Anlage Fahrzeuge erfassen und identifizieren, welche die Anzeige von Fahrstreifen-Lichtsignal-Systemen (FLS) missachten und mit einem roten „X“ gesperrte Fahrstreifen benutzen.

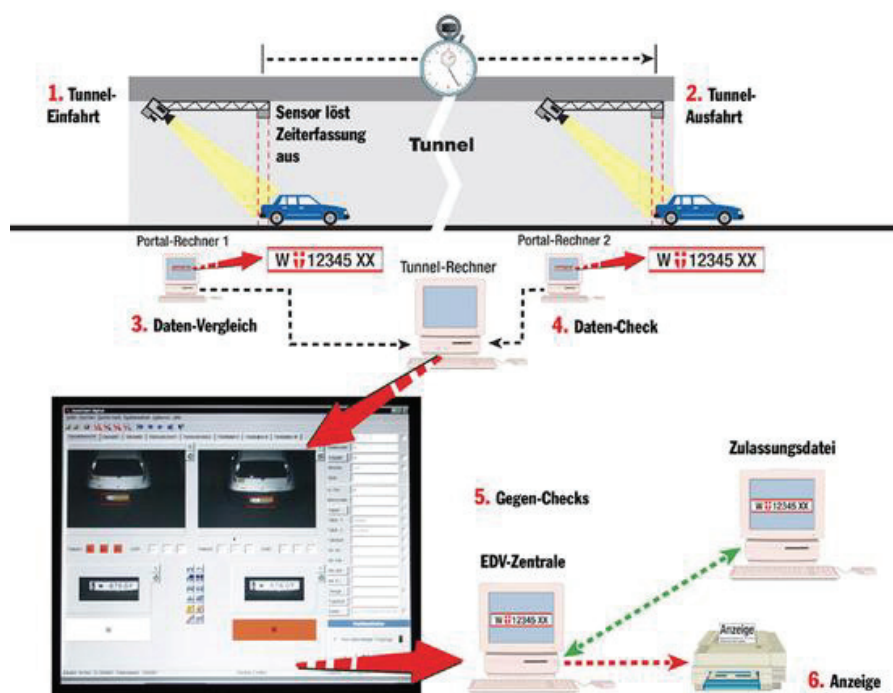


Abbildung 26: Systemarchitektur Section Control Anlage Kaisermühlentunnel³⁷

2.3.4.2 Auswirkungen auf das Unfallgeschehen und betriebliche Erfahrungen

Überhöhte bzw. nicht angepasste Geschwindigkeit ist in Österreich mit einem Anteil von 35% die häufigste Unfallursache bei Strassenverkehrsunfällen mit Todesopfern (Unfallstatistik 2005). Um die Auswirkungen einer Section Control Anlage auf das Unfallgeschehen zu quantifizieren, wurden am Beispiel der Anlage im Kaisermühlentunnel die Unfallzahlen im überwachten Tunnelbereich selbst sowie im Tunnelvorlauf und -nachlauf in einem Vorher/Nachher-Vergleich analysiert. Der Vor- und Nachlauf erstreckte sich jeweils über eine Länge von 1'500 m und diente dazu, allfällige Auswirkungen des Geschwindigkeitsüberwachungssystems auf den vor- und nachgelagerten Bereich zu erkennen.

³⁷ Quelle: ASFINAG

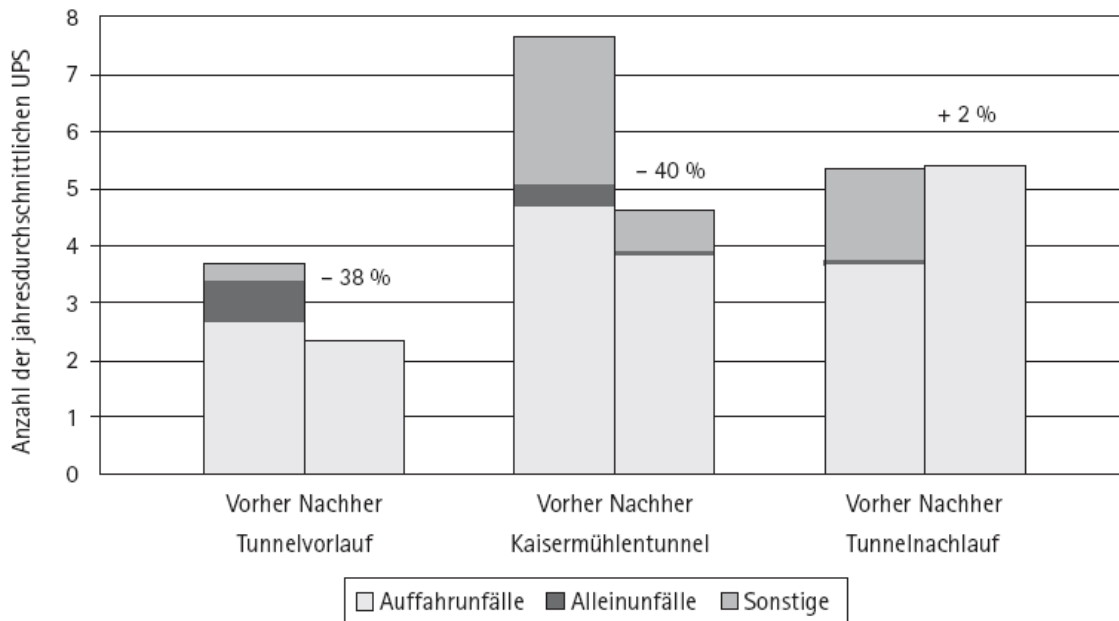


Abbildung 27: Vergleich der jahresdurchschnittlichen Unfälle mit Personenschaden im Tunnelvorlauf, im Kaisermühlentunnel und im Tunnelnachlauf auf der A22 Donauuferautobahn in Österreich vorher (1.1.2000 – 31.12.2002) und nachher (12.9.2003 – 31.12.2004)³⁸

Die Abbildung 27 zeigt, dass die Unfälle mit Personenschaden (UPS) im überwachten Kaisermühlentunnel von vorher 7,7 USP/Jahr auf nachher 4,6 UPS/Jahr um 40% zurückgegangen sind. Im Tunnelvorlauf reduzierte sich die Anzahl der Unfälle mit Personenschaden um 38%. Im Tunnelnachlauf hat die Abschnittsgeschwindigkeitskontrolle keinen grossen Einfluss auf die Anzahl der Unfälle mit Personenschaden. Hingegen konnte im Tunnelnachlauf eine Veränderung bei den Unfalltypen festgestellt werden: So stellten nach Einführung der Section Control Anlage Auffahrunfälle die Hauptunfallursache dar. Grund dafür ist, dass mit der Einführung der Section Control Anlage im Kaisermühlentunnel nicht mehr die überhöhte Geschwindigkeit sondern vielmehr zu geringe Abstände zwischen den Fahrzeugen zum Problem wurden.

Die Untersuchung verdeutlichte aber auch, dass AGK-Anlagen nur örtlich begrenzte positive Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit haben. Die Gegenüberstellung der drei Abschnitte zeigt, dass die Wahrscheinlichkeit einen Unfall im Tunnelvorlauf zu haben am geringsten ist, im Kaisermühlentunnel leicht ansteigt und im Tunnelnachlauf bereits doppelt so hoch ist.

³⁸ Osrael, E., Robatsch, K. (2007); Section Control – Analyse der Auswirkungen auf das Unfallgeschehen und das Geschwindigkeitsverhalten; Strassenverkehrstechnik Heft 7/2008

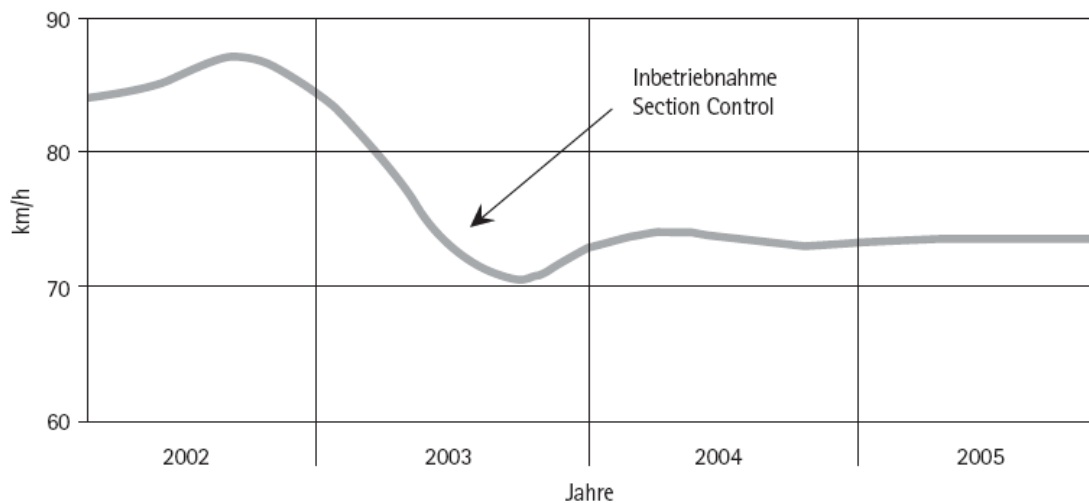


Abbildung 28: Entwicklung der Durchschnittsgeschwindigkeit im Kaisermühlentunnel auf der A22 Donauuferautobahn in Österreich (2002 – 2005) (Magistrat der Stadt Wien, Magistratsabteilung 34)

Ebenfalls ist die Einhaltung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit in direktem Zusammenhang mit der Überwachungswahrscheinlichkeit zu sehen. Im Tunnel wurden um 13 bis 15 km/h geringere mittlere Geschwindigkeiten gemessen als ca. 1.3 km nach der Section Control. Die Disziplin und die Verkehrsmoral scheinen nach dem überwachten Streckenabschnitt wieder geringer zu sein, was sich in steigenden Geschwindigkeiten und einem erhöhtem Unfallrisiko niederschlägt. Als Fazit der Untersuchung wurde festgehalten, dass sich der Einsatz von stationären Section Control Anlagen an besonders gefährlichen Strassenabschnitten eignet, während portable Anlagen vor allem bei kurzfristig gefährlichen Strassenabschnitten einen positiven Effekt zeigen.

Die österreichischen AGK-Anlagen mussten im Jahre 2007 für eine kurze Zeit ausser Betrieb genommen werden. Der Österreichische Verfassungsgerichtshof hatte Klägern Recht gegeben, die geklagt hatten, die Anlagen entsprächen nicht dem verfassungsmässigen Datenschutz, da sie bis zu 7 Minuten lang auch die Daten von korrekt fahrenden Fahrzeugen speichern. Unterdessen haben die Behörden jedoch für eine korrekte rechtliche Ausgangslage gesorgt, in dem die notwendigen gesetzlichen Grundlagen geschaffen wurden.

Aktuell soll in Österreich das gleiche AGK-System wie in der Schweiz aufgebaut werden, welches über ein Fahrererkennungssystem verfügt, um künftig auch Verstösse ausländischer Fahrzeuglenker ahnden zu können, welche aus Ländern stammen, in denen die Fahrerhaftung gilt.

2.3.5 Einsatz in den Niederlanden

2.3.5.1 Systembeschreibung

In Holland erfolgte die Einführung von Abschnittsgeschwindigkeitskontrollen im Rahmen des CASE Projektes (Continuous Applied Speed Enforcement). In Holland sind 12 Abschnittsgeschwindigkeitskontrollanlagen (Stand Februar 2009) im Einsatz. Diese arbeiten 24 h/Tag und 7 Tage/Woche. Die Einführung der Abschnittsgeschwindigkeitskontrollanlagen ist als Ergänzung zu den bisherigen Kontrollanlagen zu sehen.

Es stehen folgende Anlagen im Einsatz³⁹:

1. A4 zwischen Hoofddorp und Nieuw Vennep - V_{\max} 120 km/h
2. A10 zwischen Nieuwe Meer und Coentunnel (beide Richtungen) - V_{\max} 80 km/h
3. A12, zwischen Oudenriijn und Lunetten (beide Richtungen) - V_{\max} 80 km/h
4. A12, zwischen Lunetten und De Meern (beide Richtungen) - V_{\max} 100 km/h
5. A12 zwischen De Meern und Woerden - V_{\max} 120 km/h
6. A12 Utrechtsebaan, zw. Prins Clausplein und Den Haag (beide Richtungen) - V_{\max} 80 km/h
7. A12 Arnhem/Velp, zw. knooppunt Velperbroek und knooppunt Waterberg (beide Richtungen) - V_{\max} 100 km/h
8. A13 Overschie, zw. Berkel und Rodenrijs und Kleinpolderplein (beide Richtungen) - V_{\max} 80 km/h
9. A20 zwischen Kleinpolderplein und Terbregseplein (beide Richtungen) - V_{\max} 80 km/h
10. Westerscheldetunnel (beide Richtungen) - V_{\max} 100 km/h
11. N381 in der Provinz Friesland
12. N256 in der Provinz Zeeland



Abbildung 29: Standorte der Abschnittsgeschwindigkeitskontrollanlagen in Holland (Stand Februar 2009)

³⁹ Bureau Verkeershandhaving OM (2008); Trajectcontrole. Gefunden am 16.2.2009 unter <http://www.trajectcontrole.nl>

Einige Autobahnstrecken sind mit mehreren aufeinander folgenden Section Control Anlagen ausgestattet, d.h. das Austrittsportal eines Kontrollabschnitts stellt gleichzeitig das Eintrittsportal für den nächsten Kontrollabschnitt dar. Übertritt nun ein Fahrzeuglenker auf mehreren Kontrollabschnitten die zulässige Höchstgeschwindigkeit, so wird er aber nicht für jeden Verstoss gebüsst, sondern nur das schwerwiegendste Vergehen geahndet.

Neben der Erhöhung der Verkehrssicherheit liegt ein weiteres Ziel der Abschnittsgeschwindigkeitskontrollanlagen darin, durch einen konstanteren und homogenen Verkehrsfluss Lärm- und Schadstoffemissionen zu senken.



Abbildung 30: Beginn der Abschnittsgeschwindigkeitskontrolle auf der A12⁴⁰

Die Zuordnung der an beiden Querschnitten erfassten Fahrzeuge geschieht über einen „Fingerabdruck“ des Fahrzeugs, d.h. für jedes Fahrzeug wird anhand der Konturen und Kontraste ein Merkmal berechnet. Die Zuordnung erfolgt mit einer ausserordentlich hohen Genauigkeit von 99.75%. Die Zeitsynchronisation beider Anlagen erfolgt über einen GPS-Empfänger. Dieser erhält über Satelliten gefunkte höchst präzise Sekundenimpulse. Ein interner Zähler beider Datenerfassungseinheiten zählt dann die Millisekunden zwischen den Sekundentakten. Eine redundante zweite Zeitmessung existiert hingegen nicht.



Abbildung 31: Ankündigung der Abschnittsgeschwindigkeitskontrolle beim Westerscheldetunnel⁴¹

⁴⁰ Aus öffentlichem Webalbum von „Sander“

⁴¹ Westerschelde Tunnel (2009); Speed. Gefunden am 4.4.2011 unter <http://www.westerscheldetunnel.nl/?pid=45>

2.3.5.2 Auswirkungen auf das Geschwindigkeitsverhalten und betriebliche Erfahrungen

Die Auswirkungen nach der Installation der ersten Anlage auf der A2 (erste 4 Betriebsjahre) waren deutlich erkennbar. Der Anteil der zu schnell fahrenden Fahrzeuge am Gesamtverkehr fiel von 6% auf 1%. Die bereits vor der Inbetriebnahme der Abschnittsgeschwindigkeitskontrolle tiefe Übertretungsrate von lediglich 6% ist darauf zurück zu führen, dass der Abschnitt bereits zuvor eine hohe Kontroll-dichte mit traditionellen nicht automatischen Methoden aufwies und eine Hinweistafel auf mögliche Kontrollen ebenfalls bereits montiert war⁴². Die durchschnittliche Geschwindigkeit auf dem kontrollierten Abschnitt mit einer Tempolimite von 100 km/h sank von 116 km/h auf 106 km/h. Gleichzeitig wurde ein gleichmässigerer und homogenerer Verkehrsfluss festgestellt, der sich durch geringere Geschwindigkeitsunterschiede zwischen schnell und langsam fahrenden Fahrzeugen auszeichnete.

Erfahrungsgemäss führt ein kontinuierlicher und homogener Verkehrsfluss zu einer besseren Ausnützung der Kapazität, in dem der Zeitpunkt des Verkehrszusammenbruchs bei hohen Verkehrsmengen verzögert und teilweise gar vermieden werden kann. Somit reduziert sich die Stauanfälligkeit und Stauhäufigkeit auf dem betreffenden Abschnitt. Durch das Aufrechterhalten des Verkehrsflusses verringert sich ebenfalls die Wahrscheinlichkeit von staubedingten Auffahrunfällen, was sich wiederum positiv auf die Verfügbarkeit der Strassenanlage auswirkt. Als Folge des kontinuierlichen Verkehrsflusses und der geringeren Unfallhäufigkeit konnte bei den Versuchen dann auch rund 40% weniger Stauereignisse festgestellt werden. In Bezug auf die Lärm- und Schadstoffemissionen wirkte sich die Anlage ebenfalls positiv aus. So massen die holländischen Behörden eine deutlich geringere Schadstoffbelastung in unmittelbarer Umgebung der Anlage und der Geräuschpegel des Verkehrs sank um 5dB.

Die Kosten für das komplette Section Control System der damaligen Pilot-Anlage auf der A2 in Holland mit einer dreistreifigen Richtungsfahrbahn beliefen sich auf rund 1.3 Mio. CHF. Bei diesem Betrag handelt es sich jedoch nicht um eine offizielle Angabe. Die vergleichsweise hohen Kosten lassen sich mit der Vergabeart (direkt) und mit dem verrechnetem Entwicklungsaufwand der erstmalig realisierten Anlage teilweise begründen.

Neuere Zahlen für die A13 belegen die vorteilhafte Wirkung von Abschnittsgeschwindigkeitskontrollanlagen in Holland. So sank der Anteil von Geschwindigkeitsübertretungen auf unter 1% und dies obwohl das Tempolimit gleichzeitig mit der Inbetriebnahme der Kontrollanlage von 100 auf 80 km/h reduziert wurde. Die durchschnittliche Geschwindigkeit aller Fahrzeuge betrug bei erlaubten 80 km/h rund 75 km/h. Allerdings ist anzumerken, dass in dieser Auswertung auch die Spitzenstunden mit Stop&Go-Verkehr enthalten waren.

In einer von TNO durchgeführten Studie auf der A13 konnte weiter festgestellt werden, dass sich die Luftqualität infolge der Senkung des Tempolimits und der strengeren Überwachung mittels Abschnittsgeschwindigkeitskontrollen um 5-10% verbesserte⁴³. Ebenfalls konnte auf der A13 auch der Lärmpegel insbesondere während der Nachtstunden deutlich reduziert werden.

⁴² Zuvor betrug die Übertretungsrate 35% (Jan Malenstein, KLPD, 27.5.1999)

⁴³ Bureau Verkeershandhaving OM (2008); Trajectcontrole. Gefunden am 16.2.2009 unter <http://www.trajectcontrole.nl>

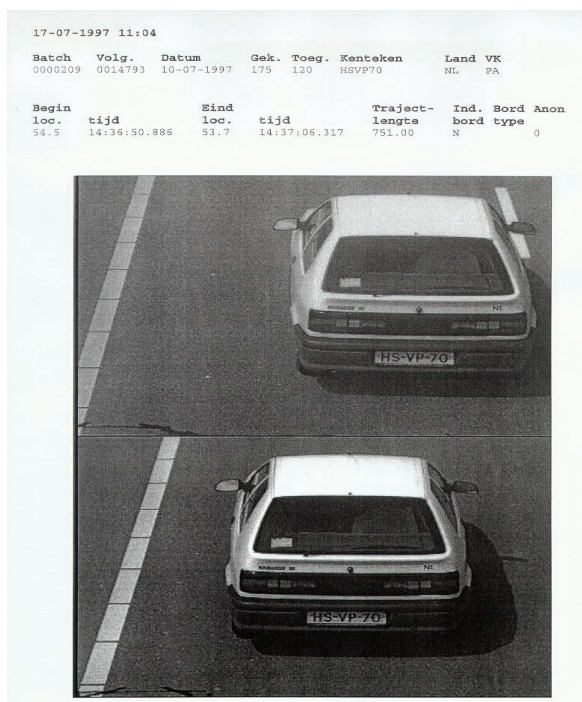


Abbildung 32: Beispiel einer Protokolldatei⁴⁴

Die zu Beginn teils unklare rechtliche Situation wurde in Holland pragmatisch gelöst. Ein Polizist fuhr absichtlich zu schnell durch die Anlage. Die erhaltene Ahndungsanzeige wurde von ihm dann bis vor Bundesgericht angefochten. Alle Gerichte gaben jedoch der Behörde recht und der Polizist musste schliesslich seine Strafe bezahlen.

Bemerkenswert ist die vollautomatische Verarbeitung der Bussen (inklusive Versand) von rund 80% der festgestellten Übertretungsfälle mit einer Fehlerrate von ungefähr 0.5%. Dies bedeutet, dass rund 80% der Bussen innerhalb weniger Tage nach der Übertretung beim Fahrzeughalter eintreffen. Die restlichen 20% werden manuell bearbeitet (dabei zeigte sich ebenfalls eine Fehlerrate von 0.5-1%).

2.3.6 Einsatz in Grossbritannien

2.3.6.1 Systembeschreibung

In Grossbritannien sind seit 1999 mehrere Section Control Anlagen in Betrieb – auch bekannt unter den Begriffen "time over distance" Systeme oder „Specs“. Die Stadt mit der grössten Dichte an Abschnittsgeschwindigkeitskontrollen ist Nottingham.⁴⁵

Die Geschwindigkeitskontrollanlagen werden in Grossbritannien in signalgelb gestrichenen Gehäusen installiert, um die Fahrzeuglenker bewusst auf die bevorstehende Kontrolle aufmerksam zu machen. Hergestellt werden die Systeme von der Firma Speed Check Services (SCS) in Camberley. Die „Specs“ Anlagen können für eine Strecke von 200 m – 10 km eingesetzt werden. In den meisten Fällen, insbesondere innerorts, sind die beiden Kontrollquerschnitte nur einige hundert Meter von einander

⁴⁴ Zur Verfügung gestellt durch die holländische Polizei.

⁴⁵ BBC (2007); How do average speed cameras work?. Gefunden am 17.2.2009 unter <http://news.bbc.co.uk/1/hi/magazine/7048645.stm>

entfernt. Bei grösseren Distanzen besteht einerseits die Gefahr, dass die Fahrzeuglenker vergessen, dass sie sich innerhalb eines Kontrollabschnitts befinden, andererseits sollen Kompensationsversuche durch anfänglich zu schnell fahrende Fahrzeuglenker vermieden werden, was sich negativ auf den Verkehrsablauf auswirken würde.



Abbildung 33: Standorte der SPECS Abschnittsgeschwindigkeitskontrollanlagen⁴⁶

2.3.6.2 Auswirkungen auf den Verkehrsablauf und betriebliche Erfahrungen

Alle im Rahmen des „National Safety Camera Programm“ berücksichtigten Anlagebetreiber waren verpflichtet dieselben Daten zu erheben, was die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zwischen den unterschiedlichen Anlagen massiv verbesserte.

		Change in average speed		Change in 85th percentile speed		% change in vehicles exceeding the speed limit	% change in vehicles exceeding the speed limit by more than 15mph
Camera type	Sites	mph	%	mph	%		
Fixed	502	-5.3	-15%	-7.6	-18%	-70%	-91%
Mobile	1448	-1.3	-3%	-1.6	-3%	-18%	-36%
Time over distance	2	-1.6	-3%	-3.6	-7%	-53%	-100%
All Cameras	1952	-2.2	-6%	-3.0	-7%	-31%	-51%

Abbildung 34: Auswirkungen auf die Geschwindigkeiten an Kontrollabschnitten in Grossbritannien⁴⁷

⁴⁶ SCS (2009); Speed Check Services. Safer, smoother traffic flows. Gefunden am 16.2.2009 unter <http://www.speedcheck.co.uk>

⁴⁷ Gains, A. (2005); PA Consulting Group; The national safety camera programme – four year evaluation report

Die Abschnittsgeschwindigkeitskontrollanlagen erwiesen sich insbesondere bei der Gruppe der Geschwindigkeitsübertreter von über 15 mph (vorher) als sehr effektiv. Mit ihrer Einführung ging deren Anteil auf 0% zurück. Insgesamt nahm der Anteil aller Übertretungen nach der Installation von Abschnittsgeschwindigkeitskontrollanlagen um 53% ab. Über alle Kontrollmethoden (Punkt- und Abschnittskontrollen) betrachtet, sind die Rückgänge beträchtlich und vor allem auch auf die geringe Kontrolldichte vor dem Start des nationalen Programms zurückzuführen.

Bei allen Specs Abschnittsgeschwindigkeitskontrollen (mindestens 2 Jahre im Einsatz) konnte die Zahl der durch Unfälle getöteten oder schwerverletzten Personen (Killed or Seriously Injured, KSI) um mindesten ein Drittel gesenkt werden. Folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse für die Kontrollabschnitte in Nottingham vor und nach der Einführung.

Sites (years post-installation data)	KSI (Killed or seriously Injured)		
	Before*	After**	% Change
A52 sites (3y 7m)	36	5	-86%
A46 Cotgrave (3y 7m)	11	6	-45%
A46 Fosse Rd (4y 4m)	11	4	-64%
A631 Mill Hill (4y 7m)	6	0	-100%
A6514 Ring Rd (9y)	36	22	-39%
B6004 Arnold Rd (5y 4m)	13	2	-85%
A631 Scaftworth (4y 5m)	6	0	-100%
A610 (8y 11m)	15	6	-60%
* 3 years prior to SPECS installation			-66%
** After SPECS installation, adjusted to 3 years equivalent			



Tabelle 5: Auswirkungen auf die Anzahl der Getöteten oder Schwerverletzten auf den kontrollierten Abschnitten in Nottingham (Stand 2010)⁴⁸

In Zukunft ist geplant, den Anteil an time over distance Anlagen weiter auszubauen auf (total) ca. 6000 Enforcementanlagen in Betrieb. Ein besonderes Interesse gilt hierbei dem Einsatz der „time over distance Anlagen“ in 20mph Zonen⁴⁹, also insbesondere in Wohngebieten.

2.3.7 Einsatz in Norwegen

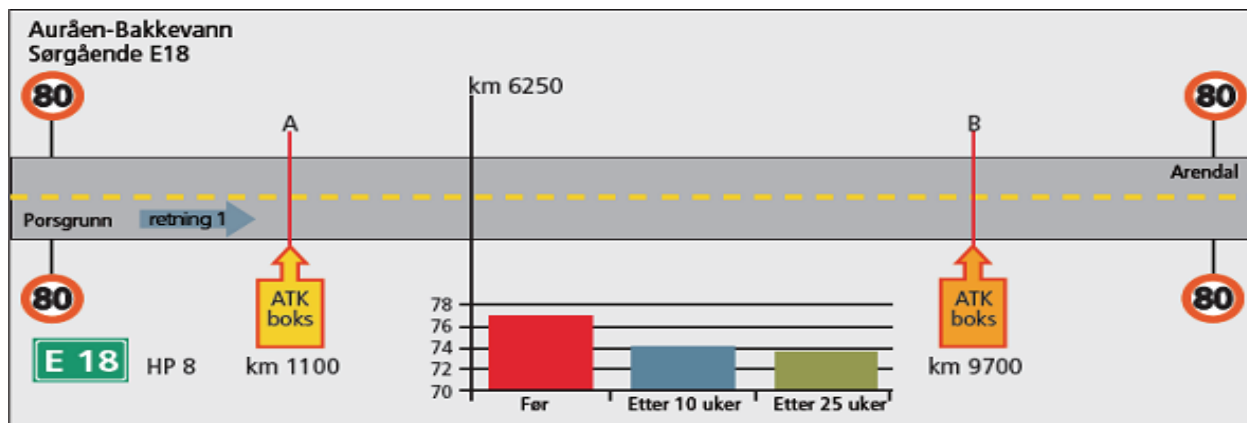
2.3.7.1 Systembeschreibung

In Norwegen müssen Standorte für Geschwindigkeitskontrollen zwei Bedingungen bzw. Umstände erfüllen: Die erlaubte Höchstgeschwindigkeit muss vor der Installation über eine längere Zeit deutlich überschritten werden und die Unfallsituation muss den Durchschnitt für vergleichbare Strecken um mindestens 30% überschreiten. Strecken für eine Abschnittsgeschwindigkeitskontrollanlagen müssen ausserdem 2–10 km lang sein, eine einheitliche Höchstgeschwindigkeit über die gesamte Strecke haben, keine Einschränkungen für die Geschwindigkeit durch die horizontale oder vertikale Linienführung und keine Kreuzungen oder Abzweigungen mit einem Verkehrsaufkommen von mehr als 250 Fahrzeugen/Tag aufweisen.

⁴⁸ Vysionics (2011) Read Traffic Management Systems & ANPR Case Studies. Gefunden am 4.4.2011 unter <http://www.vysionics.com/Case-Studies>

⁴⁹ European Transport Safety Council (2008); Managing Speed. Towards Safe and Sustainable Road Transport. Gefunden am 16.2.2009 unter <http://www.pacts.org.uk/docs/pdf-bank/Managing%20Speed.pdf>

Sted (navn)	Fylke	Vegnr	Fra HP	KM	Til HP	KM	Lengde (m)	ÅDT 2009 begge retn (kjt/døgn)	Farts grense (km/t)	Antall felt	Retning for ATK	Dato for oppstart
1 Bakkevann	Telemark	E18	8	1100	8	9700	8600	6500	80	2/3	sør (1)	juni 2009
2 Dovreskogen	Oppland	E6	18	6037	18	11096	5059	3425	80	2	nord (1)	juli 2009
3 Langodden	Hedmark	RV3	14	1340	14	10870	9530	2125	80	2	nord (1)	mai 2010

Tabelle 6: Auswahl der Versuchsstrecken.⁵⁰Abbildung 35: Messanordnung der Versuchsstrecke Bakkevann und Messresultate mit Radar an einem Punkt zwischen den beiden Messpunkten A und B vor der Einführung der AGK (rot), nach 10 Wochen (blau) sowie nach 25 Wochen (grün). Gemessen wurde jeweils zwei Tage lang (je rund 2600 Fahrzeuge). In der Gegenrichtung (ohne AGK) wurden in der gleichen Periode keine Änderungen der Geschwindigkeit festgestellt.⁵⁰

Am Messpunkt A wird jedes Fahrzeug fotografiert, gleichzeitig werden Nummernschild, Achsabstand und Gesamtgewicht registriert und zur Wiedererkennung des Fahrzeuges an den Messpunkt B gesendet. Beim Passieren des Messpunktes B werden die gleichen Daten ermittelt und mit den Daten von Punkt A verglichen. Sobald ein Fahrzeug eindeutig identifiziert ist, wird anhand der registrierten Durchfahrtszeitpunkte die Geschwindigkeit berechnet. Falls eine zu hohe Geschwindigkeit ermittelt wird, übermittelt Messpunkt B Daten und Bilder an einen zentralen Computer und löst die gleiche Übermittlung von Messpunkt A aus. Danach werden an beiden Messpunkten sämtliche Daten und Bilder gelöscht, welche eine Identifikation von Fahrer und Fahrzeug ermöglichen würden. Falls die Geschwindigkeit nicht überschritten wird oder das Fahrzeug an Messpunkt B nicht wiedererkannt wird, werden Bilder und Daten ebenfalls gelöscht.



Das System wurde in enger Zusammenarbeit mit der Polizei und der norwegischen Datenschutzkommission entwickelt. Eine Forderung beider Parteien war, dass deutlich erkennbar ist, ob es sich um eine Punkt- oder eine Abschnittsgeschwindigkeitskontrolle handelt. Damit die Autofahrer unmittelbar über ihre Geschwindigkeitsübertretung informiert werden, blinkt in diesem Fall nach Passierung des Messpunktes B das gelbe Licht einer üblichen Geschwindigkeitskontrolle in Norwegen.

Abbildung 36: Beispiel für ein Verkehrsschild vor der Abschnittsgeschwindigkeitskontrollanlage.⁵⁰

⁵⁰ Statens vegvesen, VD rapport. Streknings-ATK: Resultat av evaluering. Gefunden am 20.1.2011 unter <http://www.vegvesen.no>

2.3.7.2 Auswirkungen auf den Verkehrsablauf und betriebliche Erfahrungen

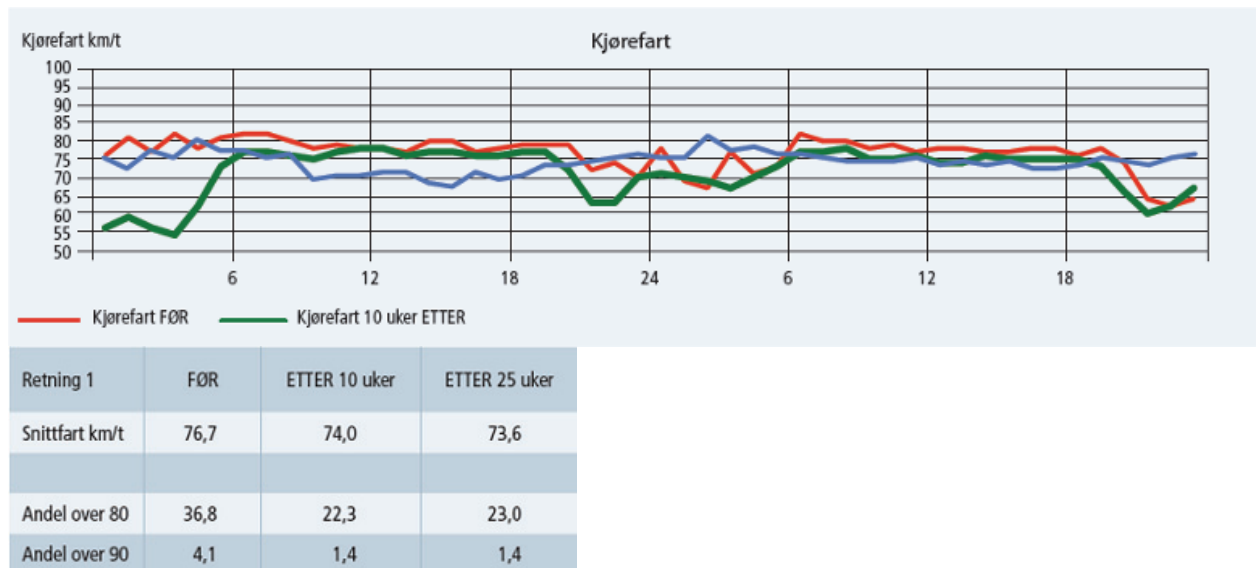


Abbildung 37: Durchschnittsgeschwindigkeit pro Stunde auf der Versuchsstrecke Bakkevang vor der Einführung der AKG (rot), nach 10 Wochen (grün) sowie nach 25 Wochen (blau). Neben der Durchschnittsgeschwindigkeit (Snittfart) sank auch der Anteil (Andel) derjenigen Fahrzeuge welche über 80 km/h bzw. über 90 km/h fuhren.⁵⁰

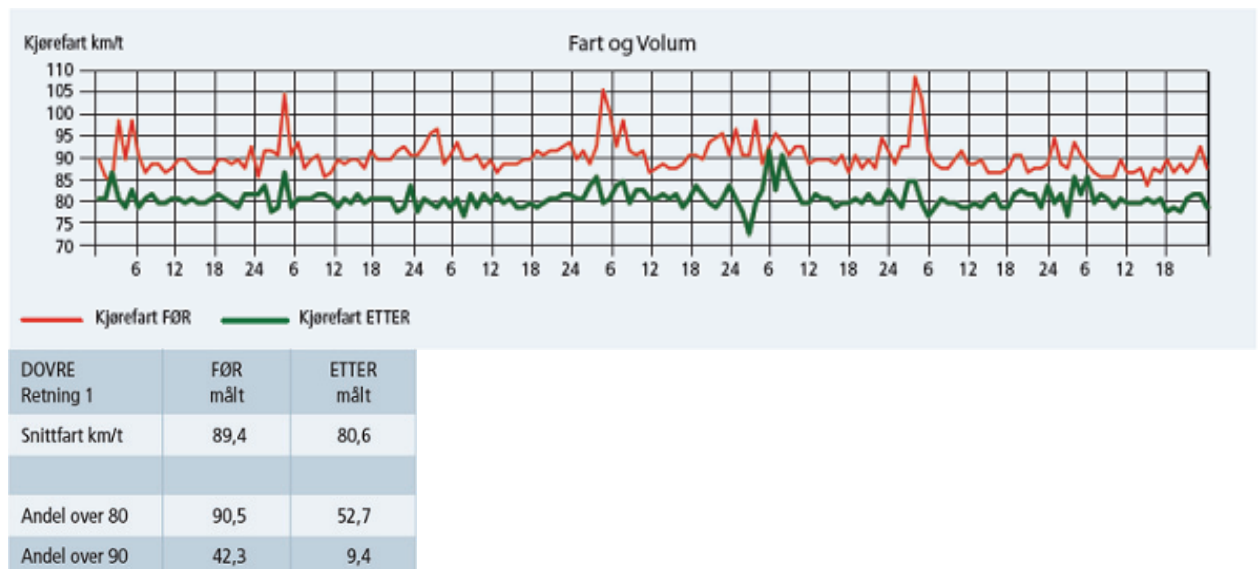


Abbildung 38: Durchschnittsgeschwindigkeit pro Stunde auf der Versuchsstrecke Dovreskogen vor (rot) sowie nach (grün) der Einführung der AKG (gemessen jeweils während einer Woche). Neben der Durchschnittsgeschwindigkeit (Snittfart) sank auch der Anteil (Andel) derjenigen Fahrzeuge welche über 80 km/h bzw. über 90 km/h fuhren.⁵⁰

Die begleitende Studie hat das veränderte Verhalten der Verkehrsteilnehmer untersucht und diese dabei in 8 Gruppen unterteilt: Fahrzeuge innerhalb der Gruppen 1–3 (Anteil von 5.9%) waren bei einem oder beiden Messpunkten zu schnell – nicht aber auf der gesamten Strecke – und hatten damit keine Sanktionen zu erwarten. Fahrzeuge der Gruppen 4–6 (8.7%) waren bei einem oder beiden Messpunkten sowie auf der gesamten Strecke zu schnell. Fahrzeuge der Gruppe 7 (11.2%) schliesslich waren bei keinem der Messpunkte zu schnell, aber überschritten mit ihrer durchschnittlich gefahrenen Geschwindigkeit die erlaubte Höchstgeschwindigkeit. Diese Fahrer haben also bei beiden Messpunkten

ihr Tempo reduziert, nicht aber auf der Strecke. Der Verdacht liegt nahe, dass diesen Fahrern das Prinzip der Kontrolle noch nicht geläufig ist. Fahrzeuge der Gruppe 8 (74.2%) haben sich sowohl bei den Messpunkten als auch innerhalb des Messabschnitts (durchschnittlich) an die erlaubte Höchstgeschwindigkeit gehalten.

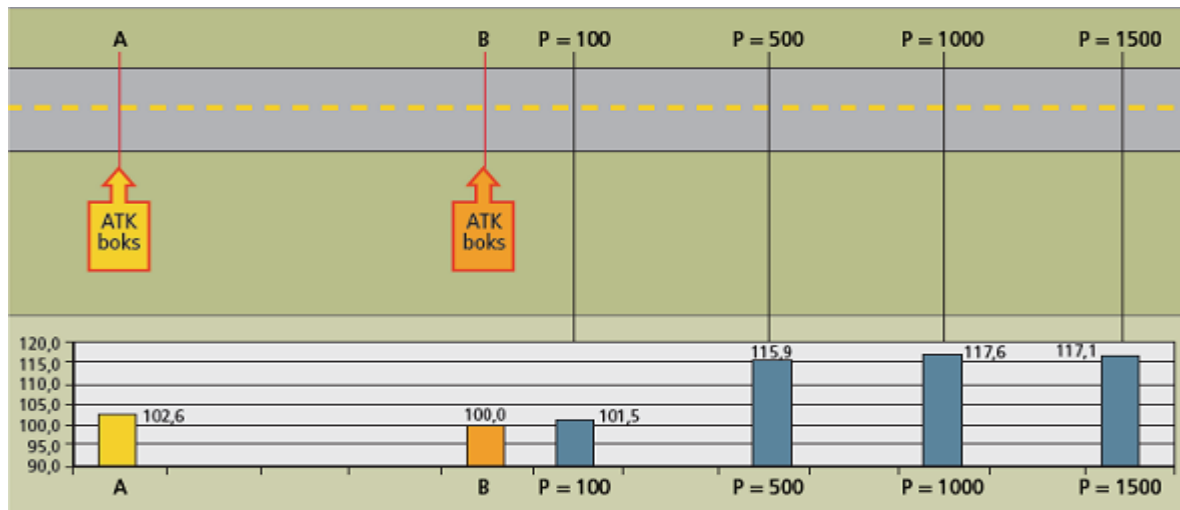


Abbildung 39: Tempoentwicklung nach Durchfahrt der AGK. Dabei wurde das Tempo bei Messpunkt B als 100 % gesetzt und die gemessenen Tempi nach 100 m, 500 m, 1000 m und 1500 m relativ dazu angegeben. Es zeigt sich, dass bereits kurz nach der Messstrecke der Effekt der Temporeduktion wieder aufgehoben ist.⁵⁰

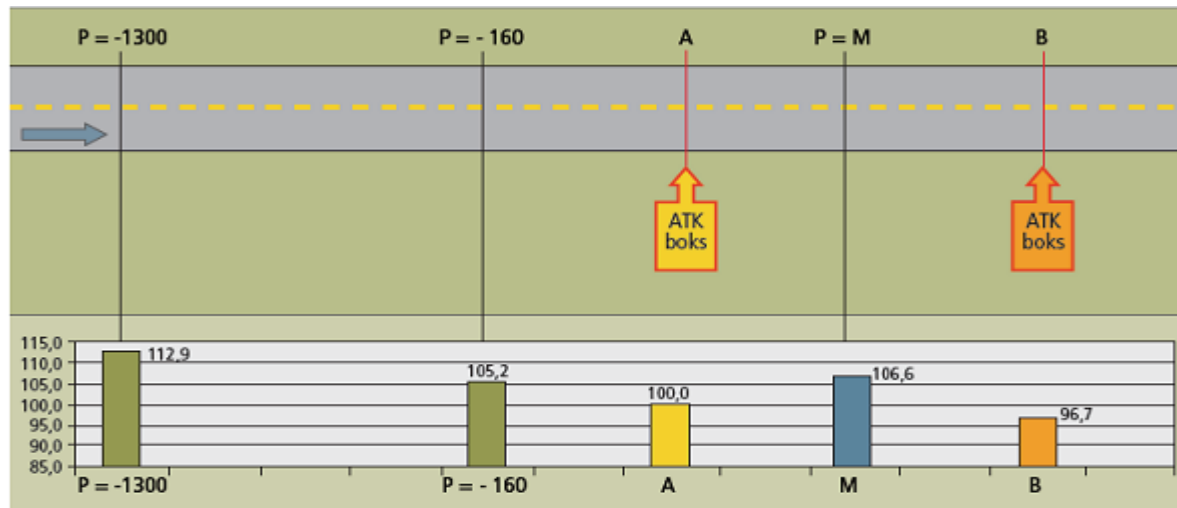


Abbildung 40: Tempoentwicklung vor Durchfahrt der AGK. Dabei wurde das Tempo bei Messpunkt A als 100 % gesetzt und die gemessenen Tempi 160 m und 1300 m vor der Messstrecke relativ dazu angegeben. Generell gibt es wenige gezielte Tempoanpassungen direkt vor dem Beginn der Messstrecke. Dieser Befund wurde durch eine stichprobeweise Kontrolle der Bremslichter ebenfalls bestätigt.⁵⁰

Nach den positiven Erfahrungen auf den Teststrecken werden im Jahr 2011 auf sechs weiteren Strecken Abschnittsgeschwindigkeitskontrollanlagen installiert. Zudem wird aktuell die Einführung weiterer solcher Systeme innerhalb der nächsten drei Jahre auf bis zu 40 Strecken geprüft.

2.3.8 Fazit zu den ausländischen Erfahrungen mit AGK

Die ausländischen Untersuchungen über die Wirkung von Abschnittsgeschwindigkeitskontrollen haben gezeigt, dass mit dieser Methode der Geschwindigkeitsüberwachung äusserst positive Effekte in Bezug auf die Verkehrssicherheit erzielt werden können: Sowohl Unfälle wie auch Tempoüberschreitungen gingen zum Teil massiv zurück. Weitere Vorteile der AGK gegenüber den konventionellen Messanlagen bestehen gemäss den ausländischen Erfahrungen auch darin, dass der Verkehr verflüssigt und das gefahrene Tempo konstanter wird. Die vormals gefährlichen Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen schnell und langsam fahrenden Fahrzeugen gehen zurück, der Verkehrsablauf wird insgesamt homogener. Ausserdem wird der gefährliche Stop-and-go-Effekt verhindert, der im Umfeld von bekannten, fest installierten Punkt-Kontrollanlagen oft beobachtet wird.

Es fällt auf, dass in vielen Ländern, in denen AGK bereits im Einsatz sind, die Bedingungen für die Installation an fixe Kriterien geknüpft werden. Diese sind in den meisten Fällen (hohe) Geschwindigkeitsübertretungen über einen längeren Abschnitt sowie (hohe) Unfallzahlen, wobei unklar ist, ob bei den Unfallzahlen auf Unfälle mit Grund „zu hohe oder unangepasste Geschwindigkeit“ zurückgegriffen wird.

Da die schweizerischen Nationalstrassen weltweit zu den sichersten Strassen gehören, könnte eine sehr strenge Definition von Bedingungen dazu führen, dass sich u.U. keine Abschnitte als AGK-Strecken eignen. Dennoch dürfte mit AGK auch in der Schweiz eine deutliche Verbesserung der Situation erreicht werden. Durch das bereits sehr hohe Sicherheitsniveau muss jedoch mit einem weniger deutlichen Resultat gerechnet werden als im Ausland. Dennoch lassen sich aus den positiven Erfahrungen im Ausland ebenfalls positive Auswirkungen für die Schweiz ableiten.

3 Pilotversuch Schweiz

Wie in Kapitel 1 bereits erwähnt, soll mit dem Pilotversuch die Wirkung von Abschnittsgeschwindigkeitskontrollanlagen (AGK) auf das Fahrverhalten und Unfallgeschehen untersucht werden. Der Pilot soll zeigen, in wie fern AGK zur Verbesserung oder zumindest zur Aufrechterhaltung der Verkehrssicherheit auf Nationalstrassen beitragen können und somit eine Alternative zu konventionellen Anlagen darstellen. Zu diesem Zweck wurden die Pilotversuche von einer umfangreichen Messkampagne begleitet.

3.1 Evaluation und Auswahl der Pilotstandorte

Die Evaluation möglicher Nationalstrassenabschnitten, welche sich für einen Pilotversuch mit AGK eignen, erfolgte in enger Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe ENFON. Die Arbeitsgruppe bestand – neben der ASTRA Projektleitung – aus Vertretern kantonaler Verkehrspolizeien (BL, BE, SO, FR, VD) sowie einem Vertreter des Bundesamtes für Metrologie (METAS).

Für die Pilotversuche wurden Standorte gesucht, welche sich hinsichtlich Verkehrs- und Unfallgeschehen entweder durch eine überdurchschnittliche Häufung geschwindigkeitsbedingter Unfälle auszeichnen oder auf denen nachweislich hohe Übertretungsquoten bei den Geschwindigkeiten festgestellt werden konnten. In Bezug auf die Streckencharakteristik sollten sich die einzelnen Standorte zudem voneinander unterscheiden. Neben einem Abschnitt auf der „freien Strecke“ wurde auch ein Abschnitt mit einem „Tunnel“ gesucht⁵¹. Daneben mussten weitere Kriterien bei der Auswahl berücksichtigt werden:

- Zweistreifige Richtungsfahrbahn, im Hinblick auf die Häufigkeit dieses Strassentyps.
- Nach Möglichkeit keine Anschlüsse, Raststätten oder Rastplätze innerhalb des Kontrollabschnitts, um absichtliche und unabsichtliche Umgehungsmöglichkeiten bei Geschwindigkeitsübertretungen zu vermeiden. Fahrzeuge, welche den Ein- und Austrittsquerschnitt nicht passieren, können von der AGK nicht kontrolliert werden.
- Signalisierte Höchstgeschwindigkeit von mindestens 100 km/h, um eine nach Fahrzeugkategorien differenzierte Geschwindigkeitskontrolle zu ermöglichen. Schwere Motorfahrzeuge und Fahrzeuge mit Anhängern dürfen auf Autobahnen grundsätzlich nicht schneller als 80 km/h fahren.
- Wahl eines Standorts mit einem Verkehrsleitsystem, welches über eine dynamische Geschwindigkeitsregelung verfügt. Die AGK soll grundsätzlich in der Lage sein, die Kontrolltätigkeit automatisch der momentan signalisierte Höchstgeschwindigkeit anzupassen.
- Berücksichtigung regionaler Gegebenheiten durch die Wahl je eines Standorts in der Deutschschweiz und im Welschland.
- Keine länger andauernden Baustellen oder Erhaltungsprojekte sowie günstige infrastrukturseitige Gegebenheiten für die Installation der Messeinrichtungen, der Kabinen und der Portale für AGK (z.B. Vorhandensein von Energie- und Kommunikationsleitungen).
- Bereitschaft der Verantwortlichen (Polizei, Gebietseinheiten, Politik) zur Kooperation bei der Installation der Messeinrichtungen und beim erstmaligen Betrieb einer AGK.

⁵¹ Der AGK-Pilotversuch im Baustellenbereich folgt erst zu einem späteren Zeitpunkt im Projektverlauf und wird im vorliegenden Bericht nicht weiter behandelt.

Nationalstrassenabschnitt(gesamt)	Länge	Unfälle /Jahr	Verunfallte /Jahr	Strecken charakteristik	Anschlüsse / Raststätten	Möglicher Pilotabschnitt	V _{zul}	Übertretungen	AVZ	DTV 2007	Bemerkungen
A9 Villeneuve – Arzillier (Fahrtrichtung Wallis)	40.6-59.6 = 19.0 km	46.2 (2003-2007)	18.0 (2003-2007)	offene Strecke, zweistr. HLS, in Ebene, gestreckte Linienführung	Villeneuve (16) <i>Le Chablais</i> Aigle (17) St.Triphon (18) Bex-Nord (19) Bex-Sud (19)	Aigle–Bex-Nord 48.5-55.7 = 7.2 km	120	4.9 % (2007)	250	19'249	PK zw. (16) und (17)
A9 Arzillier – Villeneuve (Fahrtrichtung Lausanne)	59.6-40.6 = 19.0 km	39.6 (2003-2007)	15.4 (2003-2007)	offene Strecke, zweistr. HLS, in Ebene, gestreckte Linienführung	Bex-Sud (19) Bex-Nord (19) St.Triphon (18) Aigle (17) <i>Le Chablais</i> Villeneuve (16)	Bex-Nord – Aigle 55.7-48.5 = 7.2 km	120	2.0 % (2007)	250	19'163	
A8 Milchbar–Leissigentunnel (Fahrtrichtung Interlaken)	7.4-13.0 = 5.6 km	9.0 (2000-2008) beide Richtungen	9.4 (2000-2008) beide Richtungen	Tunnel 2.1km, einstr. HVS/AS ohne baul. Richtungstrennung, kurvige LFR, in Steigung	Aus-/Einfahrt Gipsfabrik Ausf. Leissigen Einf. Leissigen Ausf. Därligen	Ausfahrt Leissigen – Ausf. Därligen 10.0-13.0 = 3.0 km	80	k.A.	211	7'486	Nur wenige Unfälle in Zusammenhang mit Geschwindigkeit
A8 Leissigentunnel–Milchbar (Fahrtrichtung Spiez)	13.0-7.4 = 5.6 km			Tunnel 2.1km, einstr. HVS/AS ohne baul. Richtungstrennung, kurvige LFR, in Gefälle	Einf. Därligen Ausf. Leissigen Einf. Leissigen	Einf. Därligen – Einf. Leissigen 13.0-10.0 = 3.0 km	80	k.A.	211	7'149	
A16 Bözingen – La Heutte (Fahrtrichtung Sonceboz)	82.7-75.5 = 7.2 km	6.6 (2000-2008) beide Richtungen	4.2 (2000-2008) beide Richtungen	5 Tunnel, zweistr. AS mit baul. Richtungstrennung, kurvige LFR, in Steigung	Biel-Nord (23) Frinvillier (22) Rondchâtel (21) Péry (20) La Heutte (19)	Eher ungeeignet, da viele Anschlüsse	80	k.A.	160	7'519	Viele Anschlüsse, auffallend viele Junglenker in Unfälle verwickelt
A16 La Heutte – Bözingen (Fahrtrichtung Biel)	75.5-82.7 = 7.2 km			4 Tunnel, zweistr. HVS mit baul. Richtungstrennung, kurvige LFR, in Gefälle	La Heutte (19) Rondchâtel (21) Frinvillier (22) Biel-Nord (23)	Eher ungeeignet, da viele Anschlüsse und Langsamverkehr	80	k.A.	160	7'595	Mischverkehr, viele Anschlüsse, auffallend viele Junglenker in Unfälle verwickelt
A1 Murten – Courgevaux (Fahrtrichtung Lausanne)	139.0-134.0 = 5.0 km	2.4 (2002-2008) beide Richtungen	0.6 (2002-2008) beide Richtungen	2 Tunnel mit VLS, zweistr. HLS, in Ebene, gestreckte LFR	Murten (29)	Tunnel Combette – Tunnel Les Vignes (Courgevaux) 138.8-134.5=4.3 km	100	1.5 % (2007) 1.6 % (2008)	162 323 329	14'600 9'677 12'480	Nur 1 Unfall in Zusammenhang mit Geschwindigkeit, Einfahrt und PK bei Tunnelportal Combette Rchtg. LS
A1 Courgevaux – Murten (Fahrtrichtung Bern)	134.0-139.0 = 5.0 km			2 Tunnel mit VLS, zweistr. HLS, in Ebene, gestreckte LFR	Murten (29)	Tunnel Les Vignes (Courgevaux) – Tunnel Combette 134.5-138.8=4.3 km	100	0.8 % (2007) 1.1 % (2008)	162 323 329	14'423 9'648 12'532	PK bei Tunnelportal Les Vignes Rchtg. BE
A1 Oensingen – Härkingen (Fahrtrichtung Zürich)	43.8-50.1 = 6.3 km	k.A.	k.A.	offene Strecke, zweistr. HLS, in Ebene, gestreckte LFR	–	Oensingen – Härkingen 43.8-49.5 = 5.7 km	120	k.A.	288 evtl. 73	k.A. 25'513	PK bei Oberbuchsitten, hohe Spitzenstundenbelastung, stauanfällig
A3 Bilten – Mühlehorn (Fahrtrichtung Sargans)	153.2-169.7 = 16.5 km	53.2 (Tunnel Kerenzerberg: 5.8) (2004-2007) beide Richtungen	k.A.	Kerenzerberg-tunnel 5.8 km, zweistr. HLS, in Ebene, gestreckte LFR	Bilten (43) <i>Glärnerland</i> Niederurnen (44) Weesen (45)	Kerenzerberg-tunnel (inkl. Vorzonen) 162.7-169.6=6.9 km	100	keine mobilen Kontrollen	53	14'956	Keine Unfälle im Kerenzerberg-tunnel im Zusammenhang mit Geschwindigkeit
A3 Mühlehorn – Bilten (Fahrtrichtung Zürich)	169.7-153.2 = 16.5 km			Ehem. Walensee-strasse, jetzt zweistr. HLS o. Standstreifen, in Ebene, kurvige LFR, 6 Tunnel	Mühlehorn (46) Weesen (45) Niederurnen (44) <i>Glärnerland</i> Bilten (43)	Tunnel Stutz – Wesen 169.6-162.5=7.1 km	80	6.1 % (2008)	53	14'898	Kaum Unfälle im Zusammenhang mit Geschwindigkeit
A2 Arisdorftunnel (Fahrtrichtung Luzern)	20.5-22.0 = 1.5 km	1.3 (2000-2008)	0.6 (2000-2008)	Tunnel 1.35 km, zweistr. HLS o. Standstreifen, Nordportal auf Kuppen, anschl. 2.7% Gefälle, S-förmiger Kurvenverlauf	–	Ab ÜLS Nordportal bis ÜLS Südportal Arisdorftunnel 20.5-22.0 = 1.5 km	100	0.003% (2008)	210	28'304 (2008)	Fahrstreifenabbau 3 auf 2 bei km 19.9 Einfahrt Arisdorf (10) bei km 20.1 PK bei Querschlag Süd VLS (Geschwindigkeit, Gefahr, Ü.verbot LW)
A2 Arisdorftunnel (Fahrtrichtung Basel)	22.0-20.5 = 1.5 km	1.7 (2000-2008)	0.8 (2000-2008)	Tunnel 1.35 km, zweistr. HLS o. Standstreifen, 2.7% Steigung, S-förmiger Kurvenverlauf	–	Ab ÜLS Südportal bis ÜLS Nordportal Arisdorftunnel 22.0-20.5 = 1.5 km	100	0.0004% (2008)	210	27'832 (2008)	Zufahrt Tunnel in 1 km langer 3.4% Steigung, Fahrstreifenabbau 3 auf 2 bei km 22.2 PK bei Querschlag Nord VLS (Geschwindigkeit, Gefahr, Ü.verbot LW)

Tabelle 7: Übersicht der evaluierten Nationalstrassenabschnitte für die Pilotversuche mit AGK

Die Tabelle 7 enthält eine Zusammenstellung der evaluierten Nationalstrassenabschnitte für die Pilotversuche mit AGK. Die Überprüfung der Abschnitte anhand der Anforderungskriterien zeigt die Schwierigkeit, einen Tunnelabschnitt zu finden, welcher sämtliche Kriterien erfüllte. Insbesondere in Bezug auf das Unfallgeschehen zeichneten sich die betrachteten Tunnelabschnitte durch vergleichsweise wenig Unfälle aus. Da es in Tunneln in der Vergangenheit jedoch immer wieder zu sehr schweren Unfällen mit teils katastrophalen Auswirkungen gekommen ist, kann das Gefahrenpotential innerhalb eines Tunnels grundsätzlich als erhöht betrachtet werden gegenüber Abschnitten auf der freien Strecke. Somit spielte die tatsächliche Unfallhäufigkeit nur eine untergeordnete Rolle.

In Abstimmung mit der Arbeitsgruppe und den übrigen Verantwortlichen wurden Anfang 2009 die folgenden beiden Pilotstandorte „Freie Strecke“ und „Tunnel“ festgelegt:

- Als Pilotstandort **„Freie Strecke“** wurde auf der A9 in Fahrtrichtung Kantonsgrenze VD/VS der 7.2 km lange Abschnitt zwischen Aigle und Bex-Nord gewählt. Auf Grund der ebenen, gestreckten und dadurch übersichtlichen Linienführung zeichnet sich der Abschnitt durch einen hohen Anteil an zum Teil massiven Geschwindigkeitsübertretungen aus. Zwischen 2003 und 2007 ereigneten sich auf dem Abschnitt Villeneuve – Arzillier durchschnittlich 46 Unfälle pro Jahr mit durchschnittlich 18 verletzten Personen. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit beträgt auf dem ganzen Abschnitt 120 km/h. Innerhalb des Abschnitts liegt der Vollanschluss St. Triphon.
- Als Pilotstandort **„Tunnel“** wurde auf der A2 zwischen Arisdorf und Sissach der Arisdorftunnel in Fahrtrichtung Luzern gewählt. Der Pilotabschnitt erstreckt sich von der Überleitstelle Nordportal bis zur Überleitstelle Südportal über eine Länge von insgesamt rund 1.7 km. Da innerhalb des Tunnels bereits eine Punktkontrolle existiert und die Linienführung einen S-förmigen Kurvenverlauf beschreibt, ist der Anteil an Geschwindigkeitsübertretungen gemessen am gesamten Verkehrsaufkommen äusserst gering. Zwischen 2000 und 2008 ereigneten sich auf diesem Abschnitt durchschnittlich 1.7 Unfälle mit 0.8 Verunfallten pro Jahr. Der Tunnel verfügt über ein Verkehrsleitsystem, im Normalzustand wird auf dem Abschnitt eine Geschwindigkeitsbegrenzung von 100 km/h signalisiert.

3.2 Begleitende Messkampagne

Mittels Felderhebungen wurde das Fahrverhalten auf den Pilotabschnitten „Tunnel“ und „Freie Strecke“ vor der Installation der AGK (Vorher-Phase) und nach Inbetriebnahme der AGK (Nachher-Phase) erfasst. Im Vordergrund steht insbesondere das Geschwindigkeitsverhalten im Vorlauf des (künftig) kontrollierten Abschnitts, im Kontrollabschnitt selbst sowie im Nachlauf. Daneben wurde auch das Abstandsverhalten – basierend auf Auswertungen von Zeitlücken – näher untersucht. Dazu mussten so viele Erfassungsquerschnitte definiert werden, dass sich die Geschwindigkeitsverläufe entlang des Abschnitts (inkl. Vor- und Nachlauf) mit einer genügenden Aussagekraft beschreiben lassen.

Sowohl im Vorlauf als auch im Nachlauf wurde jeweils ein Messquerschnitt in einer Entfernung von 1'000 bis 2'000 m von den Ein- und Austrittsportalen der AGK angeordnet, wobei die genaue Position innerhalb dieser Grenzen an die örtlichen Situation angepasst wurden (vgl. Abbildung 49). Bei diesen Abständen kann davon ausgegangen werden, dass die AGK keinen Einfluss auf das Fahrverhalten ausübt.

Im Bereich des künftigen Eintrittsportals (AGK_{ein}) sowie im Bereich des Austrittsportals (AGK_{aus}) mit dem Fahrererkennungssystem wurde eine Verdichtung auf jeweils 3 Messquerschnitte (Abstand +/- 150 m) vorgesehen (vgl. Abbildung 49). Mit dieser Verdichtung wurde angestrebt, detaillierte Aussagen über die Wirkung der „sichtbaren“ Anlageteile der AGK zu erhalten. Insbesondere sollte die

Frage beantwortet werden, ob und in welchem Ausmass das Fahrererkennungssystem (FES) mit einer herkömmlichen Punktkontrolle verwechselt wird.

Der Kontrollabschnitt selbst wurde – unabhängig von seiner effektiven Länge L_K – in mindestens drei möglichst gleich lange Bereiche unterteilt, um Aussagen über allfällige Geschwindigkeitskompensationen innerhalb des Kontrollabschnitts treffen zu können. Dazu wurden die Verkehrsdaten an mindestens zwei weiteren Querschnitten erfasst. Die prinzipielle Messanordnung ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Pro Pilotabschnitt sind minimal 10 Messquerschnitte vorgesehen.

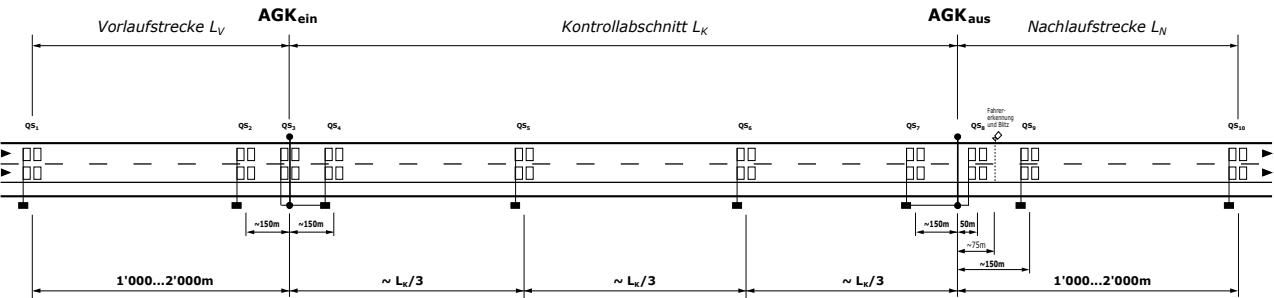


Abbildung 41: Prinzipielle Messanordnung und Lage der AGK-Portale für das begleitende Messkonzept AGK Pilotversuche „Freie Strecke“ und „Tunnel“

3.3 Untersuchungskonzept und Untersuchungsphasen

Die begleitende Messkampagne erstreckte sich über verschiedene Versuchsphasen, um die Auswirkungen von AGK auf das Fahrverhalten anhand von Vorher-/Nachher-Vergleichen gezielt untersuchen zu können. Nachfolgend sind die einzelnen Versuchsphasen in Abhängigkeit des Pilotabschnitts beschrieben.

Versuchsphase	Beschreibung	Pilotabschnitt	Zeitraum
Vorher-Phase	Erfassung und Auswertung von Verkehrsdaten der zusätzlichen Messquerschnitte, welche als Referenzwert für das Fahrverhalten auf dem betreffenden Pilotabschnitt dienen und die Basis für Vergleiche mit den Nachher-Phasen bilden. Das Fahrverhalten ist unbeeinflusst.	Tunnel (A2 Arisdorf)	1. Januar 2010 bis 11. Juli 2010 Von Inbetriebnahme permanente VDE bis Beginn Installation sichtbare Anlageteile AGK (Portale und Geräte).
		Freie Strecke (A9 Aigle–Bex-Nord)	26. April 2011 bis 27. Mai 2011 Von Inbetriebnahme temporäre VDE bis Beginn Installation portable AGK.
Zwischen-Phase	Installation und Funktionstests AGK Verkehrsdaten der zusätzlichen Messquerschnitte werden weiter erhoben und können bei Bedarf ausgewertet werden. Das Fahrverhalten ist teilweise bereits beeinflusst.	Tunnel (A2 Arisdorf)	12. Juli 2010 bis 12. Januar 2011 Installation sichtbare Anlageteile AGK (Portale und Geräte), Funktionstests, Abnahme AGK durch METAS (Probetrieb ohne Ahndung / ohne sichtbaren Blitz)
		Freie Strecke (A9 Aigle–Bex-Nord)	27. Mai 2011 bis 27. Juni 2011 Installation portable AGK und Funktionstests (Probetrieb ohne Ahndung / ohne sichtbaren Blitz)
Nachher-Phase 1	AGK betriebsbereit, breite Information der Öffentlichkeit und Medienorientierung erfolgt, Hinweistafeln auf Kontrolle im Eintrittsquerschnitt installiert.	Tunnel (A2 Arisdorf)	13. Januar 2011 bis 31. Juli 2011 Operativer Betrieb der stationären AGK mit Ahndung
		Freie Strecke (A9 Aigle–Bex-Nord)	28. Juni 2011 bis 31. Juli 2011 Operativer Betrieb der portablen AGK mit Ahndung
Nachher-Phase 2	Regulärer Langzeit-Betrieb der AGK Die Nachher-Phase 2 wird im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht mehr berücksichtigt.	Tunnel (A2 Arisdorf)	ab 1. August 2011
		Freie Strecke (A9 Aigle–Bex-Nord)	ab 1. August 2011

Tabelle 8: Übersicht der verschiedenen Versuchsphasen im Rahmen der begleitenden Messkampagne

3.4 Erhebungsgrössen

Mit den Felderhebungen soll das Fahrverhalten während der verschiedenen Versuchs-Phasen erfasst und Vergleiche zwischen den einzelnen Phasen ermöglicht werden. Im Vordergrund der Untersuchungen und Analysen steht das Geschwindigkeitsverhalten in der Vorlaufstrecke des (künftig) kontrollierten Abschnitts, im Kontrollabschnitt selbst sowie in der Nachlaufstrecke. Daneben soll auch das Abstandsverhalten (Zeitlücken) näher untersucht werden.

Die **Geschwindigkeitsverteilungen** an den Messquerschnitten werden mit den üblichen statistischen Grössen $V_{05\%}$, $V_{15\%}$, $V_{50\%}$, $V_{85\%}$, $V_{95\%}$, $V_{99\%}$ sowie V_{mittel} und der Standardabweichung s beschrieben. Daneben wird der Anteil der zu schnell fahrenden Fahrzeuge in zwei Klassen ausgewiesen, einerseits allgemein mit %-Anteil $> V_{\text{zulässig}}$ und speziell die um mehr als 10 km/h zu schnell fahrenden Fahrzeuge mit %-Anteil $> V_{\text{zulässig}} + 10 \text{ km/h}$.

Der **Geschwindigkeitsverlauf** wird anhand der mittleren Geschwindigkeit V_m und der Streuung s um diesen Mittelwert beschrieben. Für Sicherheitsüberlegungen wird hier mit der Beschreibungsgrösse $V_{85\%}$ die Gruppe schnell fahrender Fahrzeuge zusätzlich berücksichtigt. Die Qualität der zu erwartenden Geschwindigkeitsanpassungen während der NACHHER-Phasen kann durch **Geschwindigkeitsdifferenzen** bzw. durch mittlere Verzögerungen **zwischen** den **Messquerschnitten** entlang des Pilotabschnitts beschrieben werden.

Die Auswertung der Geschwindigkeiten erfolgt bei den mit Doppel-Induktionsschlaufen ausgestatteten permanenten Messquerschnitten sowohl querschnittsbezogen als auch **differenziert nach Überhol- und Normalfahrstreifen**. Bei den temporären Messquerschnitten (Seitenradargerät ViaCount II) lassen sich nur querschnittsbezogene Auswertungen durchführen, da systembedingt eine fahrstreifenfeine Zuordnung der erfassten Fahrzeuge nicht möglich ist.

Hinsichtlich **Fahrzeugart** wird bei den mit Doppel-Induktionsschlaufen ausgestatteten permanenten Messquerschnitten in Anlehnung an die SWISS 10 Klassifizierung unterschieden zwischen Personen-, Lieferwagen und Motorräder (PW), Personen- und Lieferwagenwagen mit Anhänger (PW+), Reisebus (Car) sowie Lastwagen (LW).

Bei den temporären Messquerschnitten (Seitenradargerät ViaCount II) ist hinsichtlich der Fahrzeugart keine derart feine Differenzierung möglich. Anhand der elektrischen Längenmessung mittels Radarstrahl kann jedoch grob zwischen den beiden Gruppen Personenwagen (PW) und Lastwagen (LW) unterschieden werden.

Aufgrund der Zeiterfassung von passierenden Einzelfahrzeugen können auch die Zeitabstände (Zeitlücken) ermittelt werden. Während bei den Messquerschnitten mit Doppel-Induktionsschlaufen sowohl die Bruttozeitlücken ($Fz\text{-Front} - Fz\text{-Front}$) als auch die Nettozeitlücken ($Fz\text{-Front} - Fz\text{-Heck}$) unter Berücksichtigung des Fahrstreifens erfasst werden, ist dies bei den temporären Messquerschnitten (Seitenradargerät ViaCount II) nicht möglich. Bei diesen wird lediglich die Durchfahrtszeit erfasst ohne Berücksichtigung der Fahrstreifen. Das **Abstandsverhalten** lässt sich daher nur bei den permanenten Messquerschnitten korrekt analysieren.

Die Zeiterfassung ermöglicht jedoch, die sogenannt ungehindert fahrenden Fahrzeuge, die von den jeweils vorausfahrenden Fahrzeugen in ihrer Geschwindigkeitswahl nicht beeinflusst werden, auszusortieren. Als **frei fahrende Fahrzeuge** werden für diese Untersuchung Fahrzeuge angenommen, die zum Vorderfahrzeug eine minimale Zeitlücke von 4 Sekunden aufweisen ($\Delta t \geq 4 \text{ s}$).

3.5 Anforderungen an Unfalldaten

Im Zusammenhang mit der Analyse des Unfallgeschehens sind Unfalldaten zu beschaffen. Im Vordergrund stehen Zustandsvergleiche, welche die Abschätzung der Unterschiede im Ausmass und in der Struktur des Unfallgeschehens zwischen HLS-Abschnitten ohne und mit installierter AGK ermöglichen. Dies kann aufgrund von so genannten Vorher-/Nachher- und Mit-/Ohne-Vergleichen vorgenommen werden.

Vorher-/Nachher-Vergleiche beziehen sich auf eine Strecke, deren Länge der Ausdehnung des Kontrollabschnitts (L_K) und ihrem Einflussbereich (Vorlauf- und Nachlaufstrecke) entspricht. Im Zeitraum Vorher existiert auf der Strecke noch keine AGK, im Zeitraum Nachher ist die AGK installiert und im regulären Betrieb. Die beiden Zeiträume müssen gleich lang sein.

Mit-/Ohne-Vergleiche beziehen sich auf den Pilotabschnitt mit installierter AGK (Kontrollabschnitt inkl. Vorlauf- und Nachlaufstrecke) und eine zum Vergleich einbezogene Strecke ohne AGK. Da die beiden Strecken eine ähnliche Streckencharakteristik haben sollten, werden zum Vergleich jeweils die Gegenrichtung des Pilotabschnitts beigezogen, wobei das Unfallgeschehen für beide Strecken (Hin- und Gegenrichtung) wiederum eine gleich lange Periode umfasst.

Der Nachteil dieser Vergleiche besteht darin, dass bei den vorgesehenen Pilotabschnitten der Zeitraum Nachher bzw. Mit erst mit der Inbetriebnahme der AGK Anfangs 2011 beginnen wird. Bis Sommer 2011 wird der Zeitraum Nachher bzw. Mit mit maximal 6 Monaten relativ kurz sein (sehr geringe Anzahl Unfälle), sodass in der Regel noch keine statistisch signifikanten Aussagen möglich sind.

Deshalb interessieren auch Veränderungen in der Struktur des Unfallgeschehens. Im Vordergrund steht dabei die Aufteilung nach:

- Unfallort (HLS-km, Eintragung in Kartenübersicht für Zuordnung zu Vorlaufstrecke, Kontrollabschnitt, Nachlaufstrecke) und Fahrtrichtung bzw. Fahrbahn
- Unfallzeit (Abgrenzung Tag/Nacht)
- Unfallursache und Unfalltyp (Kollisionsentstehung, Unfallcode)
- Unfallbeteiligte (Fahrzeugarten)
- Unfallfolgen (Unfallschwere, Angabe der Verletzungsfolgen und des Sachschadens)

3.6 Realisierung der AGK-Anlage

3.6.1 Funktionsbeschreibung der AGK-Komponenten

Die AGK besteht aus einem Eingangsportal sowie einem Ausgangsportal. Direkt nach dem Ausgangsportal befinden sich ausserdem die Kameras für die Beweisbilderfassung.



Abbildung 42: AGK Eingangsportal (links), AGK Ausgangsportal (Mitte) und anschliessendes Fahrererkennungssystem für die Beweisbilderfassung (rechts), Pilotabschnitt A2 Arisdorftunnel

Das Eingangsportal ist mit zwei Laserscannern sowie zwei Kennzeichenkameras ausgerüstet. Die Laserscanner übernehmen dabei zwei Funktionen. Einerseits erfassen sie ein dreidimensionales Modell des passierenden Fahrzeuges, welches der Klassifizierungssoftware erlaubt, das Fahrzeug einer Fahrzeugklasse und damit einer Geschwindigkeitsgruppe (80, 100, 120 km/h) zuzuordnen. Andererseits wird mit Hilfe des Laserscanners die Bilderfassung ausgelöst. Somit ist sichergestellt, dass die Kennzeichenkamera die Fahrzeuge immer exakt am gleichen Ort aufnimmt. Bei der Kennzeichenkamera handelt es sich um eine spezialisierte Kamera mit einem 1.4 Megapixel Sensor, welcher vor allem in Kombination mit dem gleichzeitig auslösenden Infrarotblitz eine hohe Performance erreicht. Der Infrarotblitz ist für das menschliche Auge unsichtbar. Das gilt unabhängig von der Tages- bzw. Nachtzeit und der vorherrschenden Witterung. Die Kameras sind daraufhin optimiert, möglichst ideale Bilder für die in die Kamera integrierte Kennzeichenerkennungssoftware zu erzeugen. Dies führt dazu, dass die aufgenommenen Bilder für das menschliche Auge den Eindruck einer falschen Belichtung erzeugen. Gut zu erkennen ist auf den Bildern praktisch ausschliesslich das Kennzeichen. Insbesondere das Fahrzeuginnere kann dagegen nicht erkannt werden, da die Fahrzeugscheiben mit ihren aufwändigen Filtern das Infrarotlicht filtern. Aus Performancegründen wird nur im unteren Drittel des aufgenommenen Bildes nach einer zu einem Kennzeichen passenden Zeichenfolge gesucht.



Bild eines NSNW-Fahrzeuges

(aufgenommen von der Kennzeichenkamera des Eingangsportals der Anlage auf der A2 während der Testphase)

Von der Kennzeichensoftware ausgewerteter Bildbereich.

Abbildung 43: Beispielfoto der Kennzeichenkamera am Eingangsportal

Das gelesene Kennzeichen wird vom Matching-Rechner ausschliesslich zur Zusammenführung der Durchfahrten des Fahrzeuges am Eingang- bzw. Ausgangsportal verwendet. Der gelesene Wert ist daher eher zweitrangig. Wesentlich ist, dass an beiden Portalen dieselbe Zeichensequenz ausgewertet wird. Es wird also primär nach einem wieder erkennbaren Merkmal des Fahrzeuges gesucht. Das Kennzeichen bietet sich hier deshalb an, weil es mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit an jedem Fahrzeug angebracht ist. Teilweise sind gar mehrere Kennzeichen sichtbar, so beispielsweise bei Fahrzeugtransportern oder Anhängern zum Transport von Motorrädern. Es kommt auch immer wieder vor, dass Fahrzeuge zusätzlich zum offiziellen Kennzeichen ein weiteres kennzeichenartiges Schild montiert haben. Durch die identische Ausrüstung von Eingangs- und Ausgangsportal ist die Wahrscheinlichkeit, dass beide Male das gleiche (falsche oder richtige) Kennzeichen gelesen wird aber sehr hoch. Auch die Chance, dass ein Lesefehler zwei Mal gleich auftritt (z. B. bei Verschmutzung des Kennzeichens) ist sehr hoch. Dadurch wird auch unter Berücksichtigung solcher Sonderfälle eine sehr hohe Zuordnungsrate erreicht.

Das Resultat der Kennzeichenerkennung wird, gemeinsam mit der Zeitinformation der Durchfahrt (= Auslösezeitpunkt der Kennzeichenkamera) und der ermittelten Fahrzeugklasse, an den Matching-Rechner am Ausgangsportal gesendet. Für das Kennzeichen wird dabei nicht die gesamte Information übermittelt, sondern lediglich ein Teil eines daraus abgeleiteten Hash-Wertes (= eine Art Quersumme). Diese für den Abgleich ausreichende Information lässt somit keinerlei Rückschluss auf das eigentliche Kennzeichen zu. Die Information ist also vollkommen anonymisiert.



Abbildung 44: Laserscan eines Sattelschleppers

Das Ausfahrtsportal verfügt über die identischen Komponenten zur Fahrzeugklassifizierung und Kennzeichenerkennung wie das Eingangsportal. Auch am Ausgangsportal wird anhand einer Heckaufnahme des Fahrzeuges das Kennzeichen ermittelt und daraus der Hash-Wert abgeleitet. Anschliessend wird diese Information, zusammen mit der Durchfahrtszeit und der Fahrzeugklasse an den Matching-Rechner übermittelt. Die Richtigkeit der Systemzeit der Kennzeichenkameras wird laufend untereinander und zusätzlich mit einem unabhängigen und GPS-basierten Zeitserver abgeglichen. Laufen die Uhren asynchron, schaltet sich die Anlage aus, bis die Uhren wieder synchronisiert wurden.

Im Matching-Rechner werden die Durchfahrtsinformationen der beiden Portale zusammengeführt. Findet der Matching-Rechner ein zusammengehörendes Datenpaar, so wird anhand der Zeitinformationen der Portale die Gesamtdurchfahrtszeit für den Abschnitt ermittelt. Gemeinsam mit der hinterlegten, vom Bundesamt für Metrologie METAS gemessenen, Distanz zwischen Ein- und Ausgangsportal wird dann die durchschnittliche Geschwindigkeit ermittelt. Damit kann der Matching-Rechner beurteilen, ob die für das Fahrzeug (in Abhängigkeit der Fahrzeugklasse) geltende zulässige Höchstgeschwindigkeit überschritten wurde. Da die Klassifizierung sowohl am Eingangs- wie auch am Ausgangsportal stattfindet, kann die am Austritt erkannte Fahrzeugklasse zur Plausibilisierung der Informationen vom

Eingangsportal verwendet werden. Bei widersprüchlichen Ergebnissen wird das für den Lenkenden vorteilhaftere Klassifizierungsergebnis herangezogen (im Zweifel also eine höhere Geschwindigkeitsklasse).

Für die Vorgänge nach der Auslösung der Kennzeichenkamera am Ausgangsportal (Kennzeichenerkennung am Ausgang, Verschlüsselung, Übermittlung an den Matching-Rechner, Abgleich der Ein- und Ausfahrten, Berechnung der Geschwindigkeit) hat das System maximal 0.4 Sekunden Zeit. Somit wird sichergestellt, dass auch Fahrzeuge mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von bis zu 250 km/h immer am gleichen Fotopunkt der Beweisbildkamera erfasst werden. Schneller fahrende Fahrzeuge können ebenfalls noch korrekt erfasst werden, wobei sich der Fotopunkt im Beweisbild verschiebt. Erst bei einer sehr unwahrscheinlichen Durchschnittsgeschwindigkeit von über 350 km/h wäre die lenkende Person nicht mehr auf dem Beweisfoto erkennbar. Und selbst hier wäre anhand der Kennzeichenfotos von Ein- und Ausgangsportal immer noch das Kennzeichen erfasst. Da das System nur die Durchschnittsgeschwindigkeit kennt und ein Fahrzeug beim Ausgangsportal theoretisch deutlich schneller oder langsamer fahren könnte, liefert der Laserscanner am Ausgangsportal zusätzlich eine ungefähre Momentangeschwindigkeit zur Bestimmung des exakten Auslösezeitpunkts der Beweisbildkameras. Dieser Geschwindigkeitswert eignet sich nicht für eine Punktkontrolle, ist jedoch ausreichend für die Berechnung des Zeitpunkts für die Auslösung der Beweiskameras.



Abbildung 45: Eine von zwei installierten Beweisbildkameras nach dem AGK Austrittsportal im Pilotabschnitt A2 Arisdorftunnel

Die Kennzeichenfotos werden nur dann von den Kennzeichenkameras der Portale abgeholt, wenn der Matching-Rechner eine Übertretung feststellt. Der Matching-Rechner ist auch das einzige Modul im System, das den Kameras den Befehl geben kann, einzelne Fotos auszugeben. Nicht innerhalb von 3 (Eingang) respektive 1 Minute (Ausgang) abgerufene Fotos werden von den Kameras laufend gelöscht. Bei einer Manipulation sowie bei einer getrennten Daten- oder Stromleitung löscht sich der flüchtige

Speicher in den Kameras selbständig, wodurch ein Höchstmass an Datensicherheit gewährleistet werden kann. Der Matching-Rechner selbst stellt aus den einzelnen Beweismitteln einer Widerhandlung einen Datensatz zusammen. Fehlen einzelne Elemente, die für den Datensatz notwendig sind, wird der ganze Datensatz vom Matching-Rechner verworfen. Somit ist durch das System sichergestellt, dass nur vollständige Datensätze an den Server der Polizei übermittelt werden. Die Übermittlung von Daten im System selbst sowie an den Polizeiserver findet verschlüsselt statt. Die einzelnen Datenpakete (z.B. Fotos der Kennzeichenkameras) sind zudem signiert, so dass eine Manipulation vom System sowie später auch von der Polizei erkannt werden kann.

Die Beweisbildkameras machen Fotos von der Fahrzeugfront und vom Fahrzeugheck. Der hier eingesetzte Blitz arbeitet mit Licht im sichtbaren Spektrum, weshalb ein schwacher roter Blitz sichtbar ist. Nur so kann gewährleistet werden, dass das Blitzlicht die Filter der Fahrzeugscheiben durchdringt und auch das Fahrzeuginnere beleuchtet. Nicht sichtbare Blitze für Beweiskameras sind theoretisch möglich, wobei hier immer gleiche Lichtverhältnisse herrschen müssen und ein Einsatz somit nur im Tunnel möglich wäre. Die zusätzliche Heckaufnahme ermöglicht einerseits die Erkennung von Motorradkennzeichen und andererseits ermöglicht sie eine zweifelsfreie Zuordnung der Aufnahmen der Kennzeichenkameras zum Beweisbild. Dies wird speziell von Bedeutung, wenn Fahrzeuge mit Anhänger abgebildet sind, welche in den meisten Fällen unterschiedliche Kennzeichen am Zugfahrzeug und am Anhänger aufweisen. Die Blitze für Front- und Heckaufnahmen wurden einige Meter vom Masten der Kameras abgesetzt aufgestellt. Dadurch wird etwas Zeit für die Berechnung der Durchschnittsgeschwindigkeit gewonnen (Zeit, die das Licht vom Blitzgehäuse zum Fahrzeug benötigt). Zudem kann dadurch die Blitzintensität reduziert werden, was sich für den Verkehr weniger störend auswirkt.



Abbildung 46: Fahrererkennungssystem mit Beweisbildkamera und Blitzlicht beim Pilotabschnitt A2 Arisdorftunnel

Als Besonderheit der AGK auf der A2 beim Arisdorftunnel wurde die Anbindung an eine dynamische Geschwindigkeitssignalisation (80 / 100 km/h) realisiert. Dafür war es notwendig, die insgesamt sechs Geschwindigkeitstafeln an drei Querschnitten ebenfalls zu dokumentieren. Da erst im Nachhinein bekannt ist, ob ein Fahrzeug den Abschnitt zu schnell passiert hat, werden die Geschwindigkeitstafeln

als Videosignal in einem Ringspeicher mit 5 Minuten Kapazität aufgezeichnet und bei einer Übertretung je zwei Einzelbilder aus der Aufnahme extrahiert: Einmal zum frühesten wahrscheinlichen Zeitpunkt und einmal zum spätesten wahrscheinlichen Zeitpunkt, an dem das Fahrzeug den Querschnitt passiert haben könnte. Wird die Geschwindigkeitslimite reduziert, wird die Räumzeit aktiviert, die sicherstellt, dass kein Fahrzeug, das den ersten Querschnitt bei der höheren angezeigten Geschwindigkeit passiert hat, mit der neuen tieferen Geschwindigkeit gemessen wird. Wird die erlaubte Geschwindigkeit dagegen angehoben, wird sofort die neue, höhere Geschwindigkeit gemessen.

Bei der semi-portablen AGK kann als Besonderheit aufgeführt werden, dass die Distanz zwischen Ein- und Ausgang entweder von Hand (nach einer offiziellen Messung der Distanz) eingegeben werden kann. Alternativ ist das System auch in der Lage die Distanz selbständig zu ermitteln. Hierzu werden die GPS-Positionsdaten von Ein- und Ausgang ermittelt und die Länge der verbindenden Geraden dieser zwei Positionen als Entfernung festgelegt. Damit wird sichergestellt, dass die Distanz in jedem Fall zu Gunsten der Lenkenden ausgelegt wird. Befindet sich etwa eine Kurve auf der Strecke, wird die tatsächliche Distanz länger und damit die gerechnete Durchschnittsgeschwindigkeit etwas tiefer. Mit diesem System ist ausgeschlossen, dass die gefahrene Distanz kürzer ist als die vom System ermittelte Länge des kontrollierten Abschnitts.



3.6.2 Datenschutz und Datensicherheit

Der Datenschutz und die Datensicherheit spielten von Anfang an eine wichtige Rolle im Projekt AGK. Die Vorgaben des Bundesdatenschutzgesetzes wurden bereits in der Ausschreibung vollumfänglich berücksichtigt und anschliessend in der Umsetzung konsequent angewendet. Mit jeder Änderung des physischen Setups oder der Software gegenüber dem Zustand bei Zulassung erlischt ausserdem die Zulassung der Anlage und die erhobenen Daten werden unbrauchbar.



Die Datenschutzbeauftragten von Bund und Kantonen wurden in das Projekt einbezogen. Für die Kontrolle des Datenschutzes für die Anlage selbst bis zur Übergabe der Daten an den Server der Polizei ist der eidgenössische Datenschutzbeauftragte (EDÖB) zuständig, da die Anlage formell im Besitz des Bundes ist, auch wenn sie vom Kanton betrieben wird. Der EDÖB hat sich in seinem Tätigkeitsbericht 2010/2011 zur AGK geäussert:

„Das Bundesamt für Strassen (ASTRA) führte Tests mit der so genannten Abschnittsgeschwindigkeitskontrolle durch und unterbreitete uns das Projekt im Vorfeld. Aus datenschutzrechtlicher Sicht hatten wir nichts gegen diese Art der Kontrolle, wie sie uns vorgestellt wurde, einzuwenden.

Das ASTRA hat uns die Unterlagen für die geplanten Abschnittsgeschwindigkeitskontrollen (AGK) auf Nationalstrassen im Vorfeld der Tests zur Stellungnahme unterbreitet. Als Standorte wurden der Arisdorftunnel auf der A2 sowie eine Strecke im Kanton Waadt auf der A9 gewählt. AGK überwachen nicht wie herkömmliche Radaranlagen die Einhaltung der Geschwindigkeit an einem einzigen Punkt, sondern über einen längeren Abschnitt. In einer ersten Phase wurden Tests zur Funktionsfähigkeit der neuen Messgeräte durchgeführt, wobei allfällige Übertretungen noch nicht gebüsst wurden.

Aus datenschutzrechtlicher Sicht hatten wir nichts gegen diese AGK einzuwenden. So werden zwar am Anfang und am Ende des überwachten Abschnitts sämtliche Fahrzeuge fotografiert, jedoch nur von hinten. Zudem werden die Daten sämtlicher Fahrzeuge, die korrekt fahren, wieder gelöscht, ohne an Dritte weitergegeben oder mit anderen Informationssystemen abgeglichen zu werden. Fahrzeuge, welche die Geschwindigkeit übertreten, werden hingegen automatisch auch von vorne fotografiert. Nur diese Daten werden dann der zuständigen Kantonspolizei weitergeleitet.“

Auf kantonaler Seite wurde die Datenschutzthematik für die Verarbeitung der Daten durch die Polizei betrachtet. Da es sich hierbei grundsätzlich um den gleichen Vorgang handelt wie bei herkömmlichen Geschwindigkeitskontrollen (nur die Datenmenge ist unterschiedlich), wurden keine Verletzungen des Datenschutzes festgestellt.

Auf die Datensicherheit und die Datenintegrität wurde innerhalb der AGK sehr grossen Wert gelegt. So wurden alle relevanten Datenspeicher mit Ausnahme des Transferverzeichnis der Widerhandlungsdatensätze zur Polizei als Ringspeicher ausgelegt, die sich nach einer vorgegebenen Zeit laufend selbst löschen. Zudem wurden physisch flüchtige Speicher eingesetzt, auf denen bei einer Unterbrechung der Stromzufuhr die wenigen vorhandenen Daten automatisch verloren gehen. Ergänzend dazu wurden Überwachungsprozesse integriert, die einen unberechtigten Eingriff ins System erkennen, die sensiblen Daten in einem solchen Fall sofort löschen und einen Alarm auslösen. Die Kommunikation zwischen den Komponenten der Anlage erfolgt verschlüsselt. Die Fotos werden zudem einzeln signiert, genauso wie der gesamte Widerhandlungsdatensatz. Somit könnte jede Manipulation der Daten festgestellt werden.

4 Pilotabschnitt A2 Arisdorftunnel

4.1 Untersuchungsstrecke

Der Pilotabschnitt „Tunnel“ liegt auf der A2 in Fahrtrichtung Luzern zwischen dem Anschluss A2 (10) Arisdorf und dem Anschluss A2 (11) Sissach. Der Kontrollabschnitt selbst umfasst den Arisdorftunnel (1'400 m) zwischen der Überleitstelle Nordportal (km 20.260) und der Überleitstelle Südportal (km 22.010) und weist eine Gesamtlänge von 1'750 m auf. Innerhalb des Kontrollabschnitts sind keine weiteren Ein- und Ausfahrten vorhanden. Im Tunnel befindet sich beim Querschlag Süd eine Punkt-kontrolle (km 21.400), welche mit Inbetriebnahme der AGK deaktiviert wurde.

Der Kontrollabschnitt weist zwei Fahrstreifen ohne Standstreifen auf. Im Bereich der Vorlaufstrecke erfolgt bei km 19.900 der Abbau des linksseitigen Zusatzstreifens (Fahrstreifenreduktion von 3 auf 2). Innerhalb des Kontrollabschnitts beschreibt die Strecke einen langgezogenen S-förmigen Kurvenverlauf. Die Vorlaufstrecke steigt auf einer Länge von 1.4 km mit einer Längsneigung von 2.7 % bis zum Nordportal des Arisdorftunnels, welches im Ausrundungsbereich der Kuppe liegt. Anschliessend fällt die Strecke auf einer Länge von 1.7 km mit einer Längsneigung von 2.7 %. Innerhalb der Nachlaufstrecke erhöht sich das Gefälle auf 3.4 %.

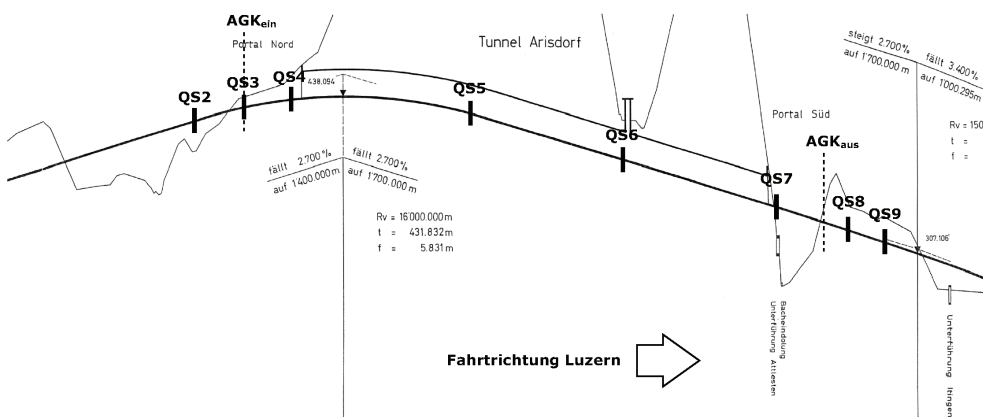


Abbildung 47: Längsprofil des Pilotabschnitts A2 Arisdorftunnel in Fahrtrichtung Luzern

Der Abschnitt ist mit einem Verkehrsleitsystem ausgestattet, welches die dynamische Geschwindigkeitsregelung sowie die dynamische Anzeige eines Überholverbots für schwere Motorfahrzeuge ermöglicht. Im Kontrollabschnitt beträgt die zulässige Höchstgeschwindigkeit im Grundzustand 100 km/h. Beim Messquerschnitt 1 (QS1) gilt im Grundzustand noch die generelle Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h, die Geschwindigkeitsreduktion auf 100 km/h folgt erst 260 m später. Die Geschwindigkeitsreduktion wird erst nach dem Austrittsportal der AGK wieder aufgehoben (siehe auch ANHANG A).



Abbildung 48: Eintrittsquerschnitt bei km 20.260 (links), Tunnelportal Nord bei km 20.430 (Mitte) und Austrittsquerschnitt bei km 22.010 (rechts) auf dem Pilotabschnitt A2 Arisdorftunnel in Fahrtrichtung Luzern

4.2 Messanordnung und Durchführung der Messungen

Im Rahmen der begleitenden Messkampagne wurde der Pilotabschnitt mit 10 fest installierten Messquerschnitten (QS1 bis QS10) zur permanenten Verkehrsdatenerfassung ausgerüstet. Bei den Sensoren handelt es sich um im Fahrbahnbelag verlegte Doppel-Induktionsschlaufen, welche die Erfassung des Verkehrsaufkommens, der lokalen Geschwindigkeiten sowie der Fahrzeugklassifizierung nach SWISS 10 ermöglichen. Seit dem 29.10.2009 ist die VDE in allen Querschnitten betriebsbereit und liefert seitdem praktisch ununterbrochen die Messwerte sämtlicher Einzelfahrzeuge an den Server Verkehrsdaten des ASTRA.

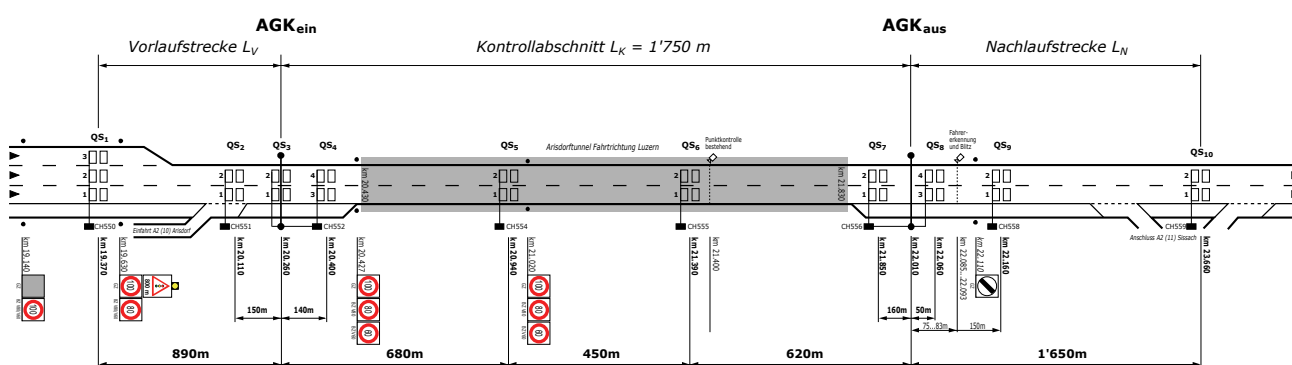


Abbildung 49: Prinzipschema Messanordnung und Portalstandorte AGK im Pilotabschnitt „Tunnel“, N02 Tunnel Arisdorf & Vorzonen, Fahrtrichtung Luzern

Für die Untersuchung des Geschwindigkeitsverhaltens im Vorlauf und Nachlauf des kontrollierten Abschnitts werden die Daten des Querschnitts 1 (CH550) 890 m vor dem Eintrittsportal der AGK respektive diejenigen des Querschnitts 10 (CH559) 1'650 m nach dem Austrittsportal der AGK herangezogen. Bei diesen Abständen wird angenommen, dass die Anlage selbst keinen Einfluss auf das Fahrverhalten ausübt. Es gilt jedoch zu beachten, dass QS1 in einer Steigung liegt und sich QS10 zwischen der Aus- und Einfahrt Sissach mit anschliessender Steigung befindet, während beinahe der gesamte Kontrollabschnitt ein leichtes Gefälle aufweist.

Im Bereich des Eintrittsportals sowie im Bereich des Austrittsportals der AGK existiert eine Verdichtung der Messschlaufen auf jeweils 3 Messquerschnitte (+/- 150 m). Mit dieser Verdichtung können Aussagen über die Wirkung der „sichtbaren“ Anlagenteile der AGK gemacht werden. Insbesondere soll die Frage beantwortet werden, ob und in welchem Ausmass die AGK mit einer herkömmlichen Punktkontrolle verwechselt wird, und wie der Geschwindigkeitsverlauf in diesem Bereich aussieht.

4.3 Art und Umfang der Datenauswertung

In diesem Abschnitt wird auf die bei den Auswertungen vorgenommene Unterscheidung nach Fahrzeugkategorien, die Stichprobengrößen der über die verschiedenen Versuchsphasen angefallenen Daten sowie auf die Art der Auswertung eingegangen.

4.3.1 Fahrzeuggruppen

Grundsätzlich wurden alle Messwerte nach den erfassten Fahrzeugklassen für fünf Gruppen ausgewertet: Personen-, Lieferwagen und Motorräder (PW), Personen- und Lieferwagen mit Anhänger (PW+), Reisebus (Car), Lastwagen (LW) sowie alle Fahrzeuge (Fz). Mit dieser Einteilung werden die auf Autobahnen geltenden fahrzeugspezifischen zulässigen Höchstgeschwindigkeiten berücksichtigt. Zudem konnte nach dem Kriterium der Zeitlücke (vgl. 3.4) die Gruppe ungehindert fahrender Fahrzeuge unterschieden werden.

Fahrzeuggruppe	Berücksichtigte Fahrzeugklassen nach SWISS 10	Zulässige Höchstgeschwindigkeit auf Autobahnen
PW	Personenwagen (3), Lieferwagen (5), Motorrad (2)	120 km/h
PW+	Personenwagen mit Anhänger (4), Lieferwagen mit Anhänger (6), Lieferwagen mit Auflieger (7)	80 km/h
Car	Reisebus (1)	100 km/h
LW	Lastwagen (8), Lastenzug (9), Sattelzug (10)	80 km/h
Fz	alle Fahrzeuge (1)...(10)	–

Tabelle 9: Übersicht der für die Auswertungen zu Fahrzeuggruppen aggregierten Fahrzeugklassen

4.3.2 Stichprobengrösse

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden auf dem Pilotabschnitt A2 Arisdorftunnel zwischen 1. Januar 2010 und 31. Juli 2011 insgesamt 14'450'467 Fahrzeuge erfasst. Diese Angaben beziehen sich auf den ersten Messquerschnitt über alle 3 Fahrstreifen (Zählstelle CH550).

	Vorher-Phase 01.01.2010 – 11.07.2010	Zwischen-Phase 12.07.2010 – 12.01.2011	Nachher-Phase 1 13.01.2011 – 31.07.2011	Total
Anzahl PW	4'512'953	4'503'713	3'745'567	12'762'233
davon frei fahrend	1'662'830	1'597'777	1'364'535	4'625'142
Anzahl PW+	91'181	97'376	75'059	263'616
davon frei fahrend	36'174	36'999	30'287	103'460
Anzahl Car	35'851	32'562	26'852	95'265
davon frei fahrend	14'142	12'157	10'491	36'790
Anzahl LW	480'320	452'023	397'010	1'329'353
davon frei fahrend	181'378	167'916	150'578	499'872
Anzahl Alle Fahrzeuge	5'120'305	5'085'674	4'244'488	14'450'467
davon frei fahrend	1'894'524	1'814'849	1'555'891	5'265'264

Tabelle 10: Stichprobenumfang der Messdaten je Versuchsphase und Fahrzeuggruppe

4.3.3 Auswertesoftware

Die Erfassung der Geschwindigkeiten von Einzelfahrzeugen sowie deren Zuordnung in die jeweilige Fahrzeugkategorie erfolgte mittels Doppel-Induktionsschlaufen und Marksmann M72x Verkehrsdatenerfassungsgeräten. Die an den 10 permanenten Messquerschnitten erhobenen Einzelfahrzeugdaten werden einmal täglich automatisch an den Server Verkehrsdaten übermittelt. Für die vorliegende Untersuchung mussten die Tagesdatensätze anschliessend vom Server Verkehrsdaten heruntergeladen und in einer lokalen MySQL Datenbank abgelegt werden. Aus arbeitsökonomischen Gründen wurde für jeden Messquerschnitt eine eigene Tabelle geführt. Dazu mussten vorgängig die Rohdaten der Messstellen CH552 und CH556 in ihre jeweiligen Querschnitte QS3 und QS4 respektive QS7 und QS8 aufgeteilt werden (vgl. auch Abbildung 49).

Das eingesetzte Messsystem weist spezifische Stärken und Schwächen bzgl. der Fahrzeugerfassung auf. Bestimmt durch die Art der Sensorik können Messfehler auftreten, beispielsweise nicht erfasste Fahrzeuge infolge Fahrstreifenwechsels im Bereich eines Messquerschnitts, Erfassung von Phantom-

fahrzeugen oder Erfassung von Fahrzeugen mit nicht plausiblen Geschwindigkeiten oder Längen. Ein Grossteil dieser Messfehler konnte mit Hilfe von Plausibilitätstests korrigiert werden. Mittels Ausführungsskripts wurden offensichtlich fehlerhafte oder unvollständige Rohdatensätze aus den Datenbanktabellen entfernt. Aussortiert wurden auch Einträge, bei welchen die Fahrzeugklassifizierung oder Längenangabe fehlte (Null-Werte oder keine Angaben) und solche, bei denen die erfassten Geschwindigkeiten kleiner als 50 km/h oder grösser als 300 km/h waren.

Sämtliche numerischen Berechnungen wurden in „Octave“ durchgeführt. „Octave“ ist eine freie Software und bestens geeignet für das Lösen grosser Matrizenrechnungen. Zur Erstellung der Diagramme und Abbildungen existiert eine Anbindung zu „Gnuplot“, einem skriptgesteuerten PC-Programm zur grafischen Darstellung von Messdaten und mathematischen Funktionen. Ebenso kann für die Datenbankschnittstelle auf eine bestehende Funktion innerhalb „Octave“ zurückgegriffen werden. Damit ist es möglich MySQL Anfragen in „Octave“ an die Datenbank zu senden, um danach mit bereits gefilterten Daten weiterzurechnen.

Die Rohdatenstruktur der mit Doppel-Induktionsschlaufen ausgestatteten permanenten Messquerschnitte ist wie folgt definiert (Marksmann M72x):

035255	200707	1017	46	09	000000	1	1	3.8	3.1	112	430	3	L
035256	200707	1017	46	25	000000	2	1	2.7	2.6	120	498	3	M
035257	200707	1017	46	99	000000	2	1	0.7	0.5	119	518	3	L
035258	200707	1017	51	21	000000	2	1	4.2	4.0	127	468	3	L
035259	200707	1017	51	27	000000	1	1	5.1	5.0	111	532	5	L
035260	200707	1017	53	60	000000	2	1	2.3	2.2	115	448	3	H
035261	200707	1017	54	07	000000	4	1	10.2	10.0	107	514	3	L
035262	200707	1017	55	00	000000	2	1	1.3	1.2	115	522	5	L
035263	200707	1017	54	90	000000	1	1	3.6	3.4	119	1157	8	H
035264	200707	1017	55	60	000000	4	1	1.5	1.3	104	399	3	L
035265	200707	1017	56	51	000000	2	1	1.5	1.3	114	536	5	M
035266	200707	1017	57	70	000000	2	1	1.1	1.0	113	515	3	L

+	Chassishöhe (VL, L, M, H)
+	Fahrzeugklasse nach SWISS 10
+	Fahrzeuglänge (cm)
+	Geschwindigkeit (km/h)
+	Abstand Fz-Front-Fz-Heck (s)
+	Abstand Fz-Front-Fz-Front (s)
+	Fahrtrichtung (1=Normal, 2=Gegen)
+	Fahrstreifennummerierung
+	Reserve-Code
+	Zeit (1/100 s)
+	Zeit (s)
+	Zeit (HHMM)
+	Datum (TTMMJJ)
+	Fortlaufende Nummerierung

Abbildung 50: Rohdatenstruktur der Verkehrsdatenerfassung mit Doppel-Induktionsschlaufen und Marksmann M72x VDE-Gerät (Beispiel)

Bezüglich Fahrstreifennummerierung gilt folgende Konvention: 1 (Normal) / 2 (Überhol) / 3 (Zusatzstreifen links). Bei Zählgeräten, welche zwei Messquerschnitte abdecken, gilt folgende Konvention: 1 (Normal QS_i) / 2 (Überhol QS_i) / 3 (Normal QS_{i+1}) / 4 (Überhol QS_{i+1}).

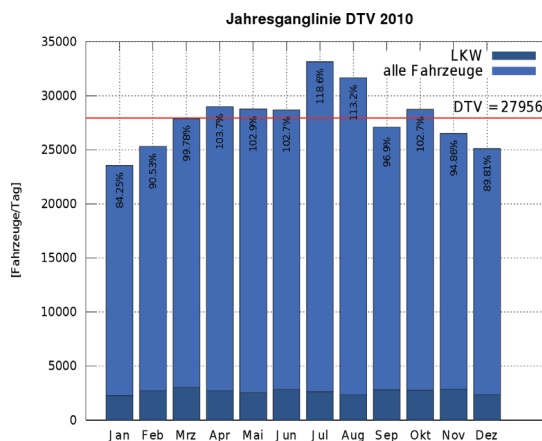
Die Rohdatenstruktur sämtlicher Messquerschnitte wurde (mit Ausnahme der fortlaufenden Nummerierung) eins zu eins in die MySQL Datenbank importiert, welche die Möglichkeit bietet, die Daten anhand von beliebigen Parametern und Kombinationen zu filtern.

4.4 Charakteristik des Verkehrsgeschehens

Die Charakteristik des Verkehrsgeschehens im Pilotabschnitt „A2 Arisdorftunnel“ wurde anhand der Auswertung der Zählstelle CH550 (Messquerschnitt 1) für das Jahr 2010 bestimmt. Insgesamt registrierte die Zählstelle im Jahr 2010 9'914'386 Fahrzeuge⁵². Dies entspricht einem richtungsbezogenen durchschnittlichen täglichen Verkehrs (DTV) von 27'956 Fahrzeugen bei einem LW-Anteil von durchschnittlich 9.5 % (2'665 LW/Tag).

Die Jahresganglinie für den DTV zeigt deutlich den Einfluss des Ferienreiseverkehrs auf dieser wichtigen Nord-Süd-Achse in den Monaten Juli und August mit überdurchschnittlichen Verkehrsbelastungen von bis zu 119% des DTV. Während die Belastungen in den Monaten März bis Juni sowie September bis Oktober in etwa dem Jahresdurchschnitt entsprechen, liegen die Belastungen in den Wintermonaten deutlich unter dem Jahresdurchschnitt.

Abbildung 51: Jahresganglinie des durchschnittlichen täglichen Verkehrs im Pilotabschnitt „A2 Arisdorftunnel“ in Fahrtrichtung Luzern für das Jahr 2010 (Zählstelle CH550)



Der Einfluss des Ferienreiseverkehrs in den Monaten Juli und August kommt noch deutlicher zum Vorschein bei der Gegenüberstellung der Jahresganglinien für den durchschnittlichen Verkehr an Werktagen bzw. an Wochenenden. Gemessen am gesamten Verkehrsaufkommen überwiegt aber der Pendler- und Nutzverkehr dennoch, wie der Vergleich des durchschnittlichen Verkehrs an Werktagen (DWV) mit demjenigen an Samstagen und Sonntagen (DSaSoV) zeigt. Der jährliche DWV liegt mit 28'688 Fahrzeugen pro Tag (3'511 LW/Tag, 12.2 %) über dem jährlichen DSaSoV mit 26'100 Fahrzeugen pro Tag (493 LW/Tag, 1.9 %).

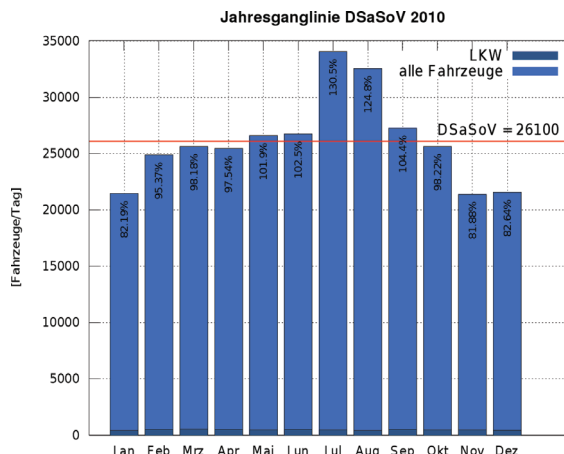
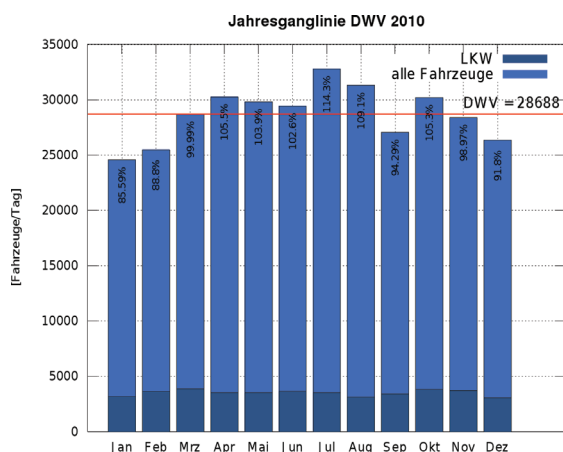
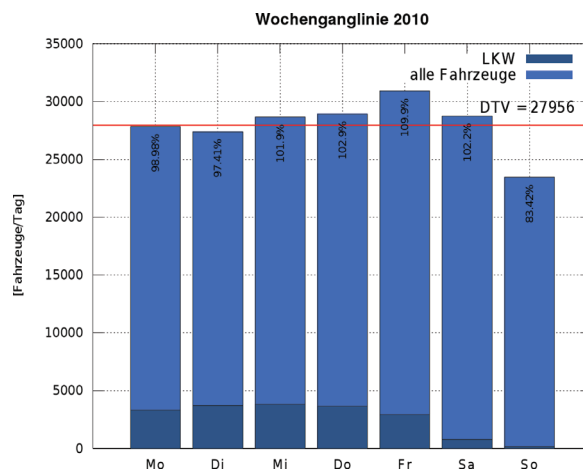


Abbildung 52: Jahresganglinien des durchschnittlichen Verkehrs an Werktagen DWV (links) sowie an Samstagen und Sonntagen DSaSoV (rechts) im Pilotabschnitt „A2 Arisdorftunnel“ in Fahrtrichtung Luzern für das Jahr 2010 (Zählstelle CH550)

⁵² Vom 10. bis 20. September 2010 registrierte das System für die Zählstelle CH550 keine Fahrzeuge. Alle Berechnungsergebnisse beinhalten nur Tage, an welchen effektiv Fahrzeuge gezählt wurden.

Dieser Sachverhalt lässt sich an der Wochenganglinie noch besser beobachten. Das Verkehrsaufkommen ist über das gesamte Jahr 2010 betrachtet an Wochenenden (Samstage und Sonntage) um durchschnittlich 9.2 % geringer als an Werktagen (Montag bis Freitag). Während an Freitagen durchschnittlich die höchsten Verkehrsbelastungen registriert werden (Überlagerung von Pendler-, Nutz- und Freizeitverkehr), zeichnet sich der Sonntag als verkehrsärmster Wochentag aus.

Abbildung 53: Wochenganglinie des durchschnittlichen täglichen Verkehrs im Pilotabschnitt „A2 Arisdorftunnel“ in Fahrtrichtung Luzern für das Jahr 2010 (Zählstelle CH550)



Die Analyse der Tagesganglinien hat ergeben, dass an Werktagen eine deutliche Abendspitze zwischen 17-18 Uhr mit durchschnittlich 2'497 Mfz/h und eine weniger ausgeprägte Morgenspitze zwischen 7-8 Uhr mit durchschnittlich 1'883 Mfz/h existiert. Dazwischen bewegen sich die stündlichen Verkehrsmengen im Bereich zwischen 1'450 und 1'720 Mfz/h. Die effektive Leistungsfähigkeit des zweistreifigen Pilotabschnitts liegt gemäss VSS-Norm⁵³ etwa bei 3'600 Mfz/h (LW-Anteil 5...15%, Steigung 2...4%, V_{zul} 100 km/h). Für die durchschnittliche Abendspitzenstunde beträgt somit der maximale Auslastungsgrad 69%. Dies entspricht der zufrieden stellenden Verkehrsqualitätsstufe C, welche sich gemäss Definition durch einen teilgebundenen bis synchronen Verkehrsfluss mit einer eingeschränkten Bewegungsfreiheit auszeichnet. Unter normalen Betriebsbedingungen sind somit Stauerscheinungen im Pilotabschnitt „A2 Arisdorftunnel“ während der Spitzenstunde ausgeschlossen.

Bei der Tagesganglinie an Wochenenden sind hingegen keine Spitzen erkennbar. An Wochenenden steigt die Verkehrsbelastung morgens bis zum Mittag kontinuierlich an und stagniert anschliessend auf einem Niveau von rund 1'800 Mfz/h. Ab 18 Uhr fallen die Belastungen wieder kontinuierlich ab.

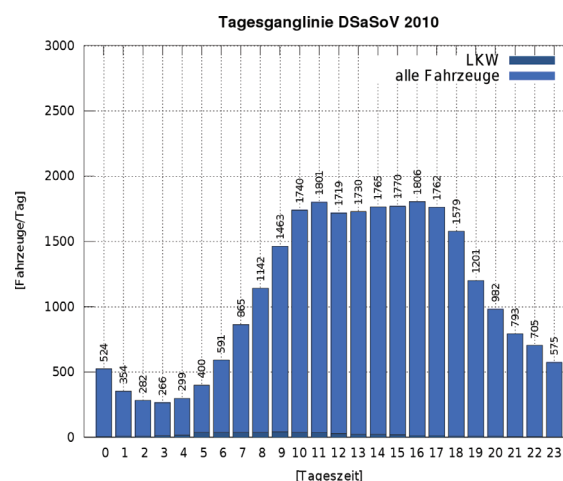
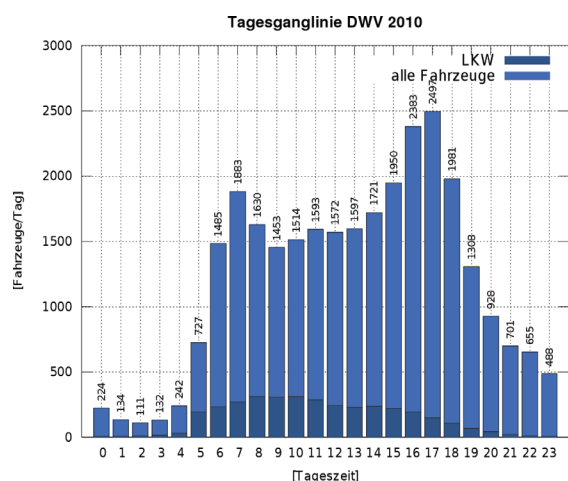


Abbildung 54: Tagesganglinien des durchschnittlichen Verkehrs an Werktagen (links) sowie an Samstagen und Sonntagen (rechts) im Pilotabschnitt „A2 Arisdorftunnel“ in Fahrtrichtung Luzern für das Jahr 2010 (Zählstelle CH550)

⁵³ VSS-Norm SN 640 018a „Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit; Freie Strecke auf Autobahnen“

5 Messergebnisse A2 Arisdorftunnel

In den folgenden Abschnitten werden die ausgewerteten Messungen für die beiden Versuchsphasen „Vorher“ und „Nachher“ beschrieben. Die Ergebnisse sind in zwei Erhebungsbereiche gegliedert:

- Geschwindigkeitsverhalten Vorher/Nachher
- Abstandsverhalten Vorher/Nachher

Beim Geschwindigkeitsverhalten Vorher/Nachher stehen Geschwindigkeitsverläufe und deren Streuung sowie der Befolgungsgrad der zulässigen Höchstgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Fahrzeugkategorie im Vordergrund. Dabei stellen sich primär die folgenden Fragen (vgl. auch Kapitel 1.3):

- Hat sich durch die Installation der AGK eine verbesserte Homogenität der Geschwindigkeiten ergeben?
- Haben sich durch die Installation der AGK entlang der Strecke Geschwindigkeitsverläufe mit einer verbesserten Anpassung an die zulässige Höchstgeschwindigkeit ergeben?
- Hat die Installation der AGK zu einer besseren Einhaltung der fahrzeugspezifischen zulässigen Höchstgeschwindigkeit geführt?

Die erste Frage wird anhand der Geschwindigkeitsverteilungen in den einzelnen Messquerschnitten untersucht. Die zweite Frage wird auf Grund von Geschwindigkeitsdifferenzen und Beschleunigungen zwischen bestimmten Messquerschnitten geprüft. Die dritte Frage wird anhand der Anteile der Geschwindigkeitsübertretungen in den einzelnen Messquerschnitten analysiert.

In den nachfolgenden Abbildungen und Tabellen werden jeweils die Vorher- und die Nachher-Phase einander gegenüber gestellt, um die Veränderungen zu veranschaulichen. Die Ergebnisse sind in die gemäss Tabelle 9 definierten Fahrzeuggruppen gegliedert mit einer zusätzlichen Unterscheidung von ungehindert fahrenden Fahrzeugen. Diese auch als „frei fahrend“ bezeichneten Fahrzeuge weisen zum jeweils voraus fahrenden Fahrzeug eine Zeitlücke von 4 Sekunden oder grösser auf und es wird angenommen, dass diese Fahrzeuge in der Wahl ihrer Geschwindigkeit nicht durch voraus fahrende Fahrzeuge beeinflusst werden. Ausführliche Angaben und Darstellungen zu den Messergebnissen der einzelnen Untersuchungsphasen befinden sich in ANHANG B.

Beim Abstandsverhalten stehen die mittleren Zeitlücken auf Basis von hochgerechneten 5'-Intervallen im Vordergrund. Dabei interessieren insbesondere Zeiträume mit erhöhtem Verkehrsaufkommen ($Q > \text{ca. } 1'500 \text{ Mfz/h}$), wo angenommen werden kann, dass die Verkehrsbelastung einen direkten Einfluss auf die mittleren Fahrzeugabstände ausübt. Während die Analysen zum Geschwindigkeitsverhalten jeweils für alle definierten Fahrzeuggruppen durchgeführt wurden, beschränken sich die Untersuchungen zum Abstandsverhalten Vorher/Nachher demnach auf die Gruppe „alle Fahrzeuge“, um somit den effektiven Verkehrsablauf unter Einbezug sämtlicher Fahrzeugklassen berücksichtigen zu können.

Eine fahrzeuggruppenspezifische Analyse des Abstandsverhaltens würde zu fiktiven Verkehrsmengen und zu einem theoretischen Abstandsverhalten führen, dass im realen Verkehrsgeschehen so nicht beobachtbar wäre. Bei einer solchen Auswertung würden Fahrzeuge anderer Klassen aus der Betrachtung entfernt, wodurch deutlich grössere Zeitlücken entstehen würden.

5.1 Alle Fahrzeuge

5.1.1 Geschwindigkeitsverhalten aller Fahrzeuge

Die Messergebnisse basieren auf den Angaben in ANHANG B.1 und werden jeweils getrennt für den Normalfahrstreifen (NS) und den Überholfahrstreifen (ÜS) dargestellt. Für den Messquerschnitt 1, welcher noch im dreistreifigen Bereich liegt, wurden der mittlere Fahrstreifen und der linksseitige Zusatzstreifen zum Überholfahrstreifen zusammengefasst.

Die Veränderungen der Geschwindigkeitsverteilung im Bereich des Pilotabschnitts „A2 Arisdorftunnel“ werden in den einzelnen Messquerschnitten (QS i) auf Grund der Standardabweichungen (S), welche die Streuung der Messwerte um den Mittelwert der Geschwindigkeit charakterisieren, untersucht.

Die folgenden Tabellen zeigen jeweils eine Gegenüberstellung der Ergebnisse für die „Vorher-“ und „Nachher-Phase“ für alle Fahrzeuge mit einer zusätzlichen Unterscheidung nach frei fahrenden Fahrzeugen. Im rechten Teil der Tabellen sind jeweils die Mittelwerte von S für bestimmte Teilabschnitte angegeben. Die Spalte „2/3“ enthält die Mittelwerte für den Eintrittsbereich der AGK, die Spalte 8/9 jene für den Austrittsbereich der AGK mit dem zwischen den beiden Querschnitten liegenden Fahrererkennungssystem. Die Spalten „4/5“, „5/6“ und „6/7“ schliesslich enthalten die Mittelwerte für das erste, zweite und dritte Drittel des Kontrollabschnitts und dienen zur Überprüfung allfälliger Kompensationseffekte. Der obere Teil der Tabellen zeigt die Ergebnisse für den Normalfahrstreifen (NS), der untere Teil jene für den Überholfahrstreifen (ÜS).

5.1.1.1 Geschwindigkeitsverteilung aller Fahrzeuge

Standardabweichung S [km/h]																	
Alle Fahrzeuge ($\Delta t > 0$ s)																	
Phase	QS	Vor- lauf	AGK _{ein}			Kontrollabschnitt				AGK _{aus}		Nach- lauf	Mittelwerte				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	2/3	4/5	5/6	6/7	8/9	
Vorher	NS	15.9	11.3	10.6	10.0	8.2	7.7	8.5	11.6	12.4	13.7	10.9	9.3	8.0	8.2	12.0	
Nachher	NS	15.9	10.4	9.9	9.1	7.6	7.3	7.3	8.2	9.2	13.3	10.3	8.6	7.5	7.3	8.7	
Differenz	ΔS	0.0	0.9	0.7	0.9	0.6	0.4	1.2	3.4	3.2	0.4	0.6	0.7	0.5	0.9	3.3	
Vorher	ÜS	12.5	9.4	9.1	8.8	7.1	6.5	7.7	10.0	10.4	11.7	9.3	8.1	6.8	7.5	10.3	
Nachher	ÜS	12.0	8.6	9.2	7.7	6.8	5.9	5.9	7.3	8.0	10.5	8.8	7.5	6.4	6.0	8.0	
Differenz	ΔS	0.5	0.8	-0.1	1.1	0.3	0.6	1.8	2.7	2.4	1.2	0.5	0.6	0.4	1.5	2.3	

Tabelle 11: Vorher/Nachher-Vergleich der Standardabweichungen für alle Fahrzeuge

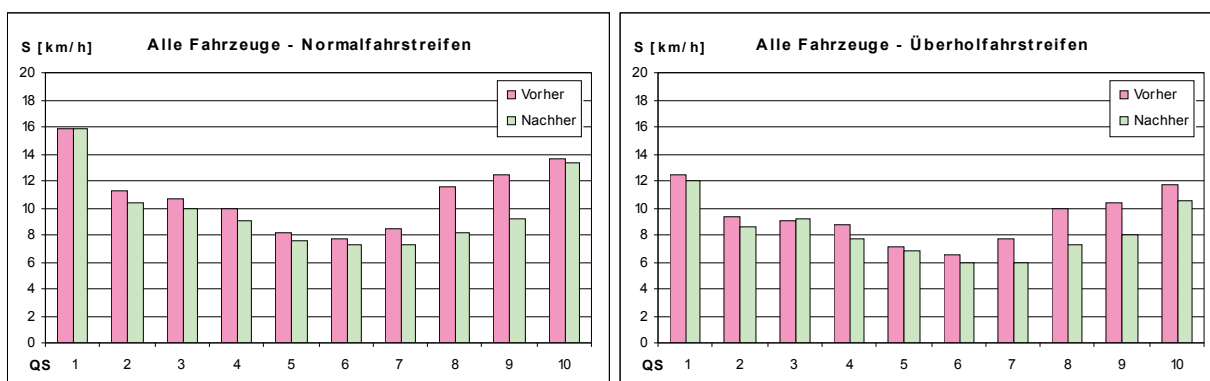


Abbildung 55: Veränderung der Standardabweichungen aller Fahrzeuge auf dem Normalfahrstreifen (links) und auf dem Überholfahrstreifen (rechts)

Kommentar:

- Unabhängig vom Fahrstreifen (NS/ÜS) und Versuchsphase (Vorher/Nachher) nehmen die Standardabweichungen bis zum Messquerschnitt QS 6 (im Bereich der bestehenden Punktkontrolle) deutlich ab.
- Während die Standardabweichungen auf beiden Fahrstreifen nach dem Messquerschnitt 6 in der Vorher-Phase wieder zum Teil deutlich ansteigen, bleibt die Standardabweichung in der Nachher-Phase bis zum Tunnelaustritt (QS7) konstant niedrig und steigt erst anschliessend wieder an, jedoch deutlich weniger ausgeprägt und auf einem tieferen Niveau als in der Vorher-Phase.
- Grundsätzlich sind die Standardabweichungen auf dem NS wesentlich grösser als auf dem ÜS, insbesondere im Vorlauf bis zum AGK Eintrittsportal (Messquerschnitte QS 1 bis 4). Diese Tatsache ist jedoch darauf zurück zu führen, dass sich die gesamte Vorlaufstrecke in einer Steigung mit 2.7% befindet und die schweren (und dementsprechend langsamen) Lastwagen den NS benutzen.
- Beim Vorher/Nachher-Vergleich auffallend sind die geringen Unterschiede der Standardabweichungen im Vorlauf (QS 1) bis QS 6. Die Reduktion der Standardabweichung beträgt maximal 1.1 km/h. Daraus kann gefolgert werden, dass die AGK in der Vorlaufstrecke noch keinen Einfluss auf die Geschwindigkeitsverteilungen ausübt, während im Bereich des AGK Eintrittsportals und innerhalb des Kontrollabschnitts hingegen eine leicht homogenere Geschwindigkeitsverteilung resultiert. Diese nur geringfügige aber dennoch signifikante Reduktion liegt auch darin begründet, dass der Verkehrsablauf insbesondere im Tunnel (QS 5 und 6) bereits in der Vorher-Phase schon sehr homogen war.
- Im AGK Austrittsbereich (QS 7 bis 9) sind die Unterschiede in den Standardabweichungen im Vorher/Nachher-Vergleich mit bis zu 3.4 km/h hingegen deutlich. Während in der Vorher-Phase die Streuung der Geschwindigkeiten bereits im Tunnelaustrittsportal (QS 7) wieder zunimmt, lässt sich mit der AGK über den gesamten Kontrollabschnitt eine Homogenisierung der Geschwindigkeiten erreichen.
- Im Nachlauf (QS10) ist ein Einfluss der AGK auf die Geschwindigkeitsverteilungen – wenn überhaupt – allenfalls noch auf dem Überholfahrstreifen feststellbar.
- Im Längsverlauf innerhalb des Kontrollabschnitts (Mittelwerte 4/5, 5/6 und 6/7) sind die Standardabweichungen in der Vorher-Phase im mittleren Drittel (mit der Punktkontrolle) tiefer als im ersten und letzten Drittel. In der Nachher-Phase hingegen sinken die Standardabweichungen kontinuierlich und liegen im letzten Drittel am tiefsten. Somit findet nicht nur im Quervergleich sondern auch im Längsverlauf eine zunehmende Homogenisierung der Geschwindigkeitsverteilungen im Kontrollabschnitt statt.

5.1.1.2 Geschwindigkeitsverteilung aller frei fahrenden Fahrzeuge

Standardabweichung S [km/h]																	
Alle frei fahrenden Fahrzeuge ($\Delta t \geq 4$ s)																	
Phase	QS	Vor- lauf	AGK _{ein}			Kontrollabschnitt				AGK _{aus}		Nach- lauf	Mittelwerte				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	2/3	4/5	5/6	6/7	8/9	
Vorher	NS	16.0	11.1	10.5	9.9	8.1	7.8	8.7	12.3	13.2	14.0	10.8	9.2	8.0	8.3	12.8	
Nachher	NS	15.9	10.2	9.9	9.0	7.6	7.4	7.3	8.6	9.7	13.7	10.2	8.5	7.5	7.3	9.2	
Differenz	ΔS	0.1	0.9	0.6	0.9	0.5	0.4	1.4	3.7	3.5	0.3	0.6	0.7	0.5	1.0	3.6	
Vorher	ÜS	12.9	9.0	8.7	8.2	7.0	6.7	8.1	10.5	10.9	11.6	8.9	7.7	6.8	7.9	10.8	
Nachher	ÜS	12.2	8.1	8.5	7.1	6.9	6.0	6.1	8.0	8.4	10.2	8.2	7.2	6.5	6.1	8.6	
Differenz	ΔS	0.7	0.9	0.2	1.1	0.1	0.7	2.0	2.5	2.5	1.4	0.7	0.5	0.3	1.8	2.2	

Tabelle 12: Vorher/Nachher-Vergleich der Standardabweichungen für alle frei fahrenden Fahrzeuge

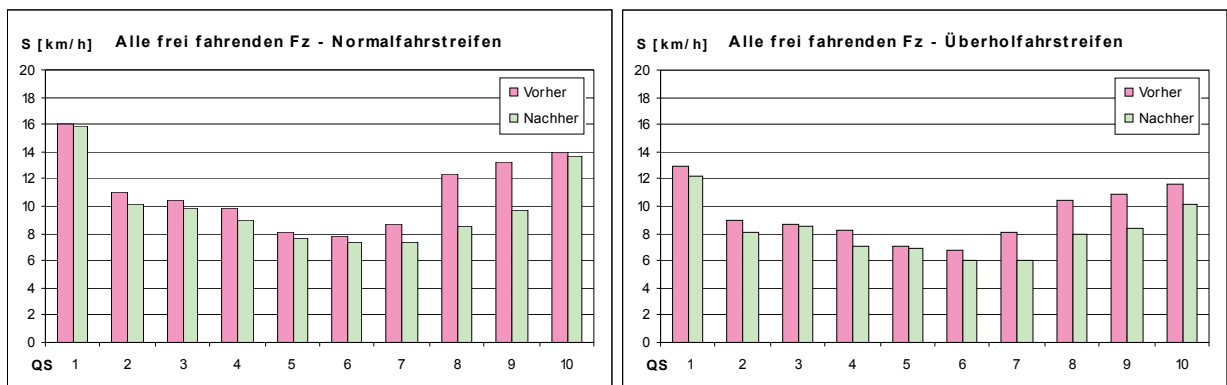


Abbildung 56: Veränderung der Standardabweichungen aller frei fahrenden Fahrzeuge auf dem Normalfahrstreifen (links) und auf dem Überholfahrstreifen (rechts)

Kommentar:

- Generell lässt sich feststellen, dass zwischen der Gruppe „alle Fahrzeuge“ und der Gruppe „alle frei fahrenden Fahrzeuge“ in Bezug auf die Geschwindigkeitsverteilungen praktisch keine Unterschiede bestehen.
- Wie bei der vorherigen Gegenüberstellung für alle Fahrzeuge, nehmen auch die Standardabweichungen aller frei fahrenden Fahrzeuge unabhängig vom Fahrstreifen (NS/ÜS) und Versuchsphase (Vorher/Nachher) bis zum Messquerschnitt QS 6 (im Bereich der früheren Punktkontrolle) deutlich ab.
- Nach dem Messquerschnitt 6 steigen die Standardabweichungen in der Vorher-Phase wieder deutlich an. In der Nachher-Phase steigen die Standardabweichungen hingegen erst nach dem AGK Austrittsportal (QS 8) wieder an, jedoch deutlich weniger ausgeprägt und auf einem tieferen Niveau als in der Vorher-Phase.
- Wiederum sind die Standardabweichungen auf dem NS wesentlich grösser als auf dem ÜS, insbesondere im Vorlauf bis zum AGK Eintrittsportal (Messquerschnitte QS 1 bis 4), bedingt durch die Steigung und den langsamen Lastwagen auf dem NS.
- Beim Vorher/Nachher-Vergleich auffallend sind die geringen Unterschiede der Standardabweichungen im Vorlauf (QS 1) bis QS 6. Die Reduktion der Standardabweichung beträgt

maximal 1.1 km/h und ist somit identisch mit den vorherigen Ergebnissen für alle Fahrzeuge: In der Vorlaufstrecke hat die AGK keinen Einfluss auf die Geschwindigkeitsverteilungen, im Bereich des AGK Eintrittsportals sowie innerhalb des Kontrollabschnitts resultiert hingegen eine leicht homogenere Geschwindigkeitsverteilung.

- Im AGK Austrittsbereich (QS 7 bis 9) sind die Unterschiede in den Standardabweichungen im Vorher/Nachher-Vergleich mit bis zu 3.7 km/h hingegen deutlich. Während in der Vorher-Phase die Streuung der Geschwindigkeiten bereits im Tunnelaustrittsportal (QS 7) wieder zunimmt, lässt sich mit der AGK über den gesamten Kontrollabschnitt auch bei den ungehindert fahrenden Fahrzeugen eine Homogenisierung der Geschwindigkeiten erreichen.
- Im Nachlauf (QS10) ist ein Einfluss der AGK auf die Geschwindigkeitsverteilungen – wenn überhaupt – allenfalls noch auf dem Überholfahrstreifen feststellbar.
- Im Längsverlauf innerhalb des Kontrollabschnitts (Mittelwerte 4/5, 5/6 und 6/7) sind die Standardabweichungen in der Vorher-Phase im mittleren Drittel (mit der Punktkontrolle) tiefer als im ersten und letzten Drittel. In der Nachher-Phase hingegen sinken die Standardabweichungen kontinuierlich und liegen im letzten Drittel am tiefsten. Somit findet nicht nur im Quervergleich sondern auch im Längsverlauf eine zunehmende Homogenisierung der Geschwindigkeitsverteilungen im Kontrollabschnitt statt.

5.1.1.3 Geschwindigkeitsverlauf aller Fahrzeuge

Die Veränderungen im Geschwindigkeitsverlauf im Bereich des Pilotabschnitts „A2 Arisdorftunnel“ werden auf Grund der Geschwindigkeitsdifferenzen (ΔV) zwischen ausgewählten Messquerschnitten und den daraus resultierenden mittleren Beschleunigungen (a_m) untersucht. Bei den Geschwindigkeitsverläufen muss die Besonderheit der vertikalen Linienführung im Pilotabschnitt berücksichtigt werden. Die Vorlaufstrecke steigt auf einer Länge von 1.4 km mit einer Längsneigung von 2.7 % bis zum Nordportal des Arisdorftunnels, welches im Ausrundungsbereich der Kuppe liegt. Anschliessend fällt die Strecke auf einer Länge von 1.7 km mit einer Längsneigung von 2.7 % (vgl. Abbildung 47).

Wie aus Abbildung 57 ersichtlich, zeigt sich dies in grossen Geschwindigkeitsunterschieden zwischen den Lastwagen und den übrigen Fahrzeugen, insbesondere im Bereich der Vorlaufstrecke. Eine Annäherung der Geschwindigkeitslinien erfolgt erst im Bereich des Nordportals bzw. im Bereich der Kuppenausrundung (QS 4). Dies erklärt auch die in Kapitel 5.1.1.1 erwähnten, deutlich grösseren Standardabweichungen auf dem NS gegenüber jenen auf dem ÜS.

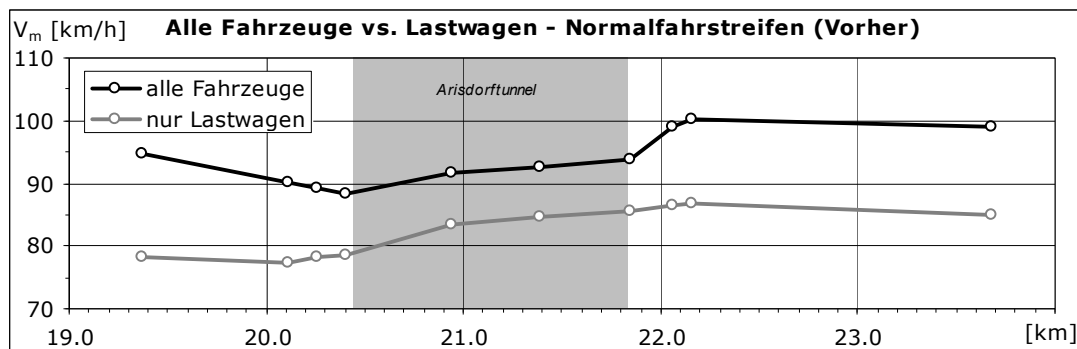


Abbildung 57: Verlauf der mittleren Geschwindigkeiten auf dem Normalfahrstreifen für die Gruppen „alle Fahrzeuge“ und „nur Lastwagen“ (am Beispiel der Vorher-Phase)

Im Folgenden wird der Einfluss der AGK auf Basis der mittleren Geschwindigkeiten (V_m) untersucht. In einem weiteren Schritt wird auf die Beeinflussung der schnell fahrenden Fahrzeuge ($V_{85\%}$) eingegangen.

Die Abbildung 58 zeigt die Geschwindigkeitsverläufe für die Gruppe alle Fahrzeuge im Vorher-/Nachher-Vergleich. Dargestellt sind jeweils die V_m und die $V_{85\%}$ für den NS und den ÜS. Die Punkte markieren die Lage der Messquerschnitte (QS 1 bis QS 10).

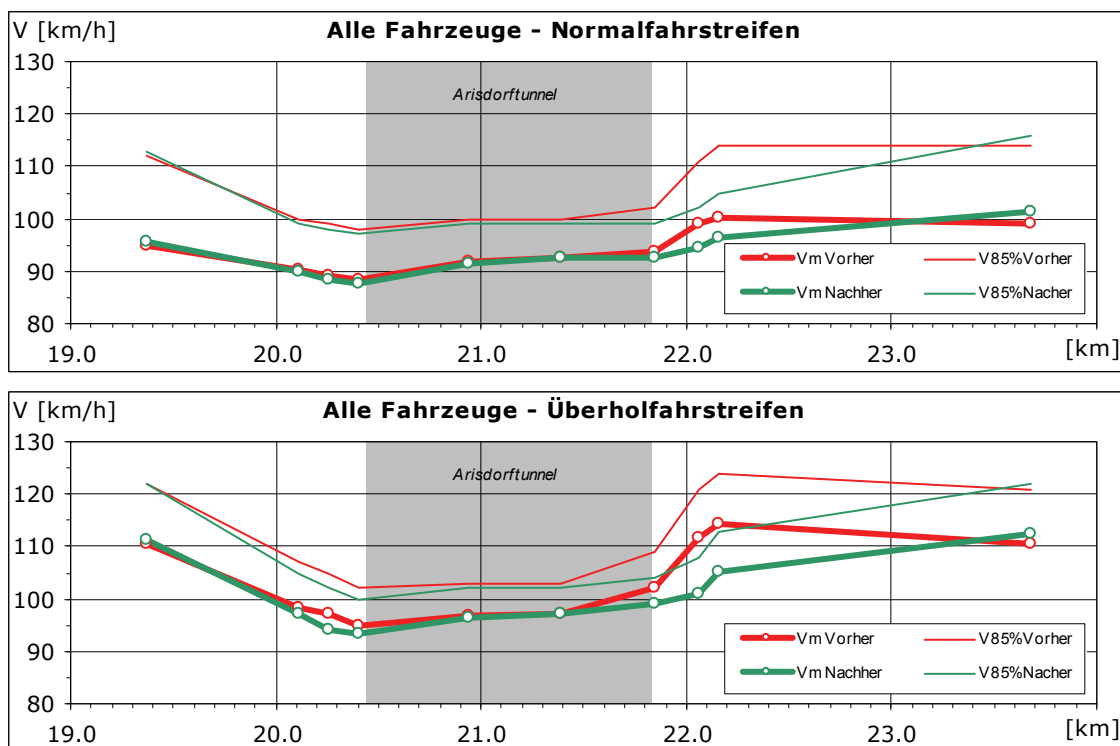


Abbildung 58: Vorher/Nachher-Vergleich der Geschwindigkeitsverläufe aller Fahrzeuge auf dem Normalfahrstreifen (oben) und auf dem Überholfahrstreifen (unten)

Die Verläufe auf dem Normalfahrstreifen zeichnen sich durch eine gemächliche Verlangsamung im Bereich der Vorlaufstrecke bis zum Nordportal des Arisdorftunnels aus (QS 1 bis QS 4). Auf dem Überholfahrstreifen findet in diesem Bereich ebenfalls eine Verlangsamung statt, welche jedoch erwartungsgemäss ausgeprägter ausfällt (nur wenig Lastwagen auf dem ÜS). Die mittleren Geschwindigkeiten V_m auf dem ÜS liegen in der Vorlaufstrecke (QS 1), unabhängig von der Versuchsphase, ca. 15 km/h höher als auf dem NS. Beim AGK Eintrittsportal und zu Beginn des Kontrollabschnitts reduziert sich dieser Unterschied auf bis ca. 6 km/h (QS 4). Die $V_{85\%}$ -Werte liegen in der Vorlaufstrecke auf dem NS rund 17 km/h bzw. auf dem ÜS rund 11 km/h über der V_m . Auf die Verläufe der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten wird später noch detailliert eingegangen.

Innerhalb des Kontrollabschnitts steigen die Geschwindigkeiten auf beiden Fahrstreifen sowohl im ersten als auch im zweiten Drittel des Kontrollabschnitts unabhängig von der Versuchsphase wieder an, wobei der Anstieg im ersten Drittel deutlich stärker ausfällt. Dies dürfte vor allem auf die horizontale Linienführung (Beginn der Gefällsstrecke) zurückzuführen sein, da der Anstieg praktisch unabhängig von der Versuchsphase zu beobachten ist.

Im letzten Drittel des Kontrollabschnitts (von QS 6 zu QS 7) und insbesondere im Bereich des AGK Austrittsportals lassen sich Unterschiede zwischen der Vorher- und der Nachher-Phase hingegen eindeutig feststellen. Während die Verläufe auf dem NS in der Vorher-Phase ab der früheren Punktkontrolle bis zum Tunnelaustritt weiter ansteigen und anschliessend eine deutliche Beschleunigung feststellbar ist, verharret der Verlauf auf dem NS in der Nachher-Phase auf konstantem Niveau und ein gemächlicher Anstieg der Geschwindigkeiten tritt erst nach Passieren des AGK Austrittsportals ein. Diese Unterschiede lassen sich auch auf dem ÜS beobachten. In der Vorher-Phase steigen die Verläufe auf dem ÜS (nach Passieren der Punktkontrolle bei QS 6) deutlich stärker an als in der Nachher-Phase. Deutlich erkennbar ist der starke Anstieg nach dem Tunnelaustritt. In der Nachher-Phase findet ein weniger ausgeprägter Anstieg erst nach Passieren des AGK Austrittsportals statt.

Anhand der nachfolgenden Tabelle werden die Auswirkungen der AGK auf die mittleren Geschwindigkeiten im Vorher-/Nachher-Vergleich beurteilt. Die Tabelle ist ähnlich aufgebaut wie diejenige zu den Geschwindigkeitsverteilungen, wobei im rechten Teil nun die Geschwindigkeitsunterschiede zwischen ausgewählten Querschnitten ($\Delta V_{x/y}$) und die entsprechenden mittleren Werte (a_m) der Beschleunigungen (+) bzw. Verzögerungen (–) für die Vorlaufstrecke (1/2), das AGK-Eintrittsportal (2/4), den Kontrollabschnitt (4/7), das AGK-Austrittsportal (7/8) sowie für das Fahrererkennungssystem (8/9) angegeben sind.

Mittlere Geschwindigkeit V_m [km/h], $\Delta V_{x/y}$ [km/h] und a_m [m/s ²]																						
Alle Fahrzeuge ($\Delta t > 0$ s)																						
		Vor- lauf	AGK _{ein}			Kontrollabschnitt				AGK _{aus}		Nach- lauf	Vorlauf		AGK _{ein}		Kontroll- abschnitt		AGK _{aus}		Fahrer- erkennung	
Phase	QS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Delta V_{1/2}$	a_m	$\Delta V_{2/4}$	a_m	$\Delta V_{4/7}$	a_m	$\Delta V_{7/8}$	a_m	$\Delta V_{8/9}$	a_m	
Vorher	NS	94.7	90.2	89.3	88.2	91.7	92.7	93.8	99.0	100.3	99.1	-4.5	-0.04	-2.0	-0.05	5.5	0.03	5.2	0.18	1.4	0.10	
Nachher	NS	95.7	90.1	88.4	87.6	91.5	92.6	92.5	94.4	96.4	101.3	-5.7	-0.05	-2.4	-0.06	4.9	0.02	2.0	0.07	1.9	0.14	
Differenz	ΔV	-1.0	0.1	1.0	0.6	0.2	0.1	1.3	4.5	4.0	-2.1											
Vorher	ÜS	110.6	98.5	97.1	94.8	96.9	97.2	102.2	111.5	114.2	110.7	-12.1	-0.13	-3.7	-0.09	7.4	0.04	9.4	0.37	2.7	0.23	
Nachher	ÜS	111.2	97.3	94.2	93.2	96.6	97.0	99.0	100.9	105.1	112.6	-13.9	-0.15	-4.1	-0.10	5.8	0.03	1.9	0.07	4.2	0.33	
Differenz	ΔV	-0.6	1.2	2.9	1.6	0.3	0.2	3.2	10.6	9.1	-1.9											

Tabelle 13: Vorher/Nachher-Vergleich der mittleren Geschwindigkeiten für alle Fahrzeuge

Kommentar:

- Sowohl auf dem NS als auch auf dem ÜS liegen die mittleren Geschwindigkeiten zu Beginn der Vorlaufstrecke (QS 1) in der Nachher-Phase leicht über denjenigen der Vorher-Phase (0.6 – 1.0 km/h). Erst kurz vor dem AGK Eintrittsportal (QS 2) fallen die V_m in der Nachher-Phase unter die Werte der Vorher-Phase, auf dem ÜS mit 1.2 km/h deutlicher als auf dem NS mit lediglich 0.1 km/h. Dementsprechend fällt die Geschwindigkeitsreduktion bzw. Verzögerung innerhalb der Vorlaufstrecke ($\Delta V_{1/2}$) in der Nachher-Phase leicht grösser aus.
- Im Bereich des AGK Eintrittsportals (QS 3) haben sich die V_m in der Nachher-Phase weiter reduziert, auf dem NS um 1.0 km/h und deutlicher auf dem ÜS, wo eine Reduktion um 2.9 km/h feststellbar ist. Diese Reduktion setzt sich, wenn auch leicht weniger ausgeprägt, bis etwa zum Nordportal des Arisdorftunnels fort (QS 4).
- Innerhalb der ersten zwei Drittel des Kontrollabschnitts (QS 5 und 6) liegen die V_m auf beiden Fahrstreifen in der Nachher-Phase nur unwesentlich unter den Werten der Vorher-Phase (max. 0.3 km/h tiefer).

- Im letzten Drittel des Kontrollabschnitts (QS 6 bis 7) bleiben die V_m auf dem NS in der Nachher-Phase konstant, während in der Vorher-Phase bereits wieder ein Anstieg der V_m um 1.1 km/h zu verzeichnen war. Auf dem ÜS hingegen steigen die V_m sowohl in der Vorher- als auch Nachher-Phase zwischen QS 6 und 7 wieder an, liegen in der Nachher-Phase am Ende des Kontrollabschnitts (QS 7) mit 3.2 km/h aber deutlich tiefer als in der Vorher-Phase.
- Diese Unterschiede werden besonders deutlich bei der Betrachtung der Geschwindigkeitsdifferenzen im Bereich des AGK Austrittsbereichs ($\Delta V_{7/8}$). Während in der Vorher-Phase innerhalb der 210 m Zwischendistanz eine Zunahme auf dem NS von 5.2 km/h und auf dem ÜS sogar eine Zunahme von 9.4 km/h festgestellt werden konnte, so reduziert sich die Zunahme in der Nachher-Phase für beide Fahrstreifen auf jeweils nur noch rund 2 km/h.
- Die in der Vorher-Phase bereits zwischen QS 7 und 8 beobachtete Beschleunigung findet in der Nachher-Phase – weniger ausgeprägt – erst nach dem Passieren des Fahrererkennungssystems (QS 8 bis 9) statt. Insgesamt wird auf dem ÜS stärker beschleunigt als auf dem NS.
- Im Nachlauf (QS 10) liegen die V_m auf beiden Fahrstreifen in der Nachher-Phase rund 2.0 km/h höher als in der Vorher-Phase. Unter Umständen kann dies als ein Indiz auf sehr geringe Kompensationseffekte im Anschluss an den Kontrollabschnitt gewertet werden.
- Abschliessend lässt sich festhalten, dass die mittleren Geschwindigkeiten sowohl im Vorlauf als auch im Nachlauf in der Nachher-Phase leicht über den Werten der Vorher-Phase liegen, während in sämtlichen übrigen Querschnitten in der Nachher-Phase tiefere V_m festgestellt werden. Die ausgeprägtesten Unterschiede im Vorher-/Nachher-Vergleich lassen sich im AGK Austrittsbereich feststellen, etwas weniger deutlich sind die Unterschiede im AGK Eintrittsbereich. Innerhalb des Kontrollabschnitts sind die Unterschiede mit Ausnahme von QS 7 am geringfügigsten.

Einfluss auf schnell fahrende Fahrzeuge

Ein wesentliches Ziel der Anordnung von Abschnittsgeschwindigkeitskontrollanlagen ist die Reduktion der Geschwindigkeiten (zu) schnell fahrender Fahrzeuge. Dadurch sollen die Geschwindigkeitsstreuungen und abrupte Verzögerungen vermindert werden. Für die Gruppe „alle Fahrzeuge“ wird der Einfluss der AGK auf die schnell fahrenden Fahrzeuge anhand der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten analysiert.

$V_{85\%}$ Geschwindigkeit [km/h], $\Delta V_{x/y}$ [km/h] und a_m [m/s²]																						
Alle Fahrzeuge ($\Delta t > 0$ s)																						
		Vor- lauf	AGK _{ein}			Kontrollabschnitt				AGK _{aus}		Nach- lauf	Vorlauf		AGK _{ein}		Kontroll- abschnitt		AGK _{aus}		Fahrer- erkennung	
Phase	QS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Delta V_{1/2}$	a_m	$\Delta V_{2/4}$	a_m	$\Delta V_{4/7}$	a_m	$\Delta V_{7/8}$	a_m	$\Delta V_{8/9}$	a_m	
Vorher	NS	112.0	100.0	99.0	98.0	100.0	100.0	102.0	111.0	114.0	114.0	-12.0	-0.13	-2.0	-0.05	4.0	0.02	9.0	0.35	3.0	0.26	
Nachher	NS	113.0	99.0	98.0	97.0	99.0	99.0	99.0	102.0	105.0	116.0	-14.0	-0.15	-2.0	-0.05	2.0	0.01	3.0	0.11	3.0	0.24	
Differenz	ΔV	-1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	3.0	9.0	9.0	-2.0											
Vorher	ÜS	122.0	107.0	105.0	102.0	103.0	103.0	109.0	121.0	124.0	121.0	-15.0	-0.18	-5.0	-0.14	7.0	0.04	12.0	0.51	3.0	0.28	
Nachher	ÜS	122.0	105.0	102.0	100.0	102.0	102.0	104.0	108.0	113.0	122.0	-17.0	-0.20	-5.0	-0.14	4.0	0.02	4.0	0.16	5.0	0.43	
Differenz	ΔV	0.0	2.0	3.0	2.0	1.0	1.0	5.0	13.0	11.0	-1.0											

Tabelle 14: Vorher/Nachher-Vergleich der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten für alle Fahrzeuge

Kommentar:

- Erwartungsgemäss nehmen die $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten entlang der Vorlaufstrecke stark ab. Die Differenzen zwischen Beginn und Ende der Vorlaufstrecke ($\Delta V_{1/2}$) betragen in der Vorher-Phase bereits 12 km/h auf dem NS bzw. 15 km/h auf dem ÜS und erhöhen sich in der Nachher-Phase um jeweils 2 km/h bei nahezu unveränderten Werten zu Beginn der Vorlaufstrecke.
- Während auf dem NS die bei QS 1 geltende zulässige Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h nicht überschritten wird, ist dies auf dem ÜS nicht der Fall. Hier wird die Limite in beiden Versuchsphasen mit 122 km/h leicht überschritten. Wie bereits bei den vorangegangenen Analysen festgestellt wurde, hat die AGK im Vorlauf auch auf die $V_{85\%}$ keinen Einfluss.
- Im Bereich des AGK Eintrittsportals (QS 2 bis QS 4) liegen die $V_{85\%}$ -Werte in der Nachher-Phase um 1 km/h (NS) bis 3 km/h (ÜS) absolut betrachtet zwar unter den Werten der Vorher-Phase, relativ gesehen hat sich die Geschwindigkeitsreduktion ($\Delta V_{2/4}$) mit 2 km/h auf dem NS bzw. 5 km/h auf dem ÜS zwischen den Versuchsphasen jedoch nicht verändert. Daraus lässt sich schliessen, dass das AGK Eintrittsportal zwar von den schnell fahrenden Verkehrsteilnehmern wahrgenommen wird, aber keine unerwünschten Reaktionen in Form von starken Verzögerungen hervorruft.
- Innerhalb des Kontrollabschnitts (QS 4 bis QS 7) haben sich die $V_{85\%}$ -Werte in der Nachher-Phase in den ersten beiden Streckendrittel um 1 bis 2 km/h reduziert. Die grössten Unterschiede treten – wie schon bei der Analyse der mittleren Geschwindigkeiten festgestellt – im letzten Drittel (QS 7) bzw. im Bereich des AGK Austrittsportals (QS 8 und QS 9) auf. Je nach Fahrstreifen liegen die $V_{85\%}$ -Werte in der Nachher-Phase um 9 bis 13 km/h tiefer. Die in der Vorher-Phase feststellbaren hohen Beschleunigungen unmittelbar nach dem Tunnelaustritt, haben sich in der Nachher-Phase nicht nur reduziert sondern auch um einen Messquerschnitt stromabwärts verlagert, nachdem das AGK Austrittsportal passiert wurde.
- Die geltende Geschwindigkeitslimite von 100 km/h im Kontrollabschnitt wurde bereits in der Vorher-Phase auf beiden Fahrstreifen gut eingehalten.

5.1.1.4 Geschwindigkeitsverlauf aller frei fahrenden Fahrzeuge

Im folgenden Abschnitt wird untersucht, welchen Einfluss ungehindert fahrenden Fahrzeuge, die in ihrer Geschwindigkeitswahl nicht durch voraus fahrende Fahrzeuge beeinflusst werden, auf den Geschwindigkeitsverlauf und auf die mittleren bzw. die $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten haben.

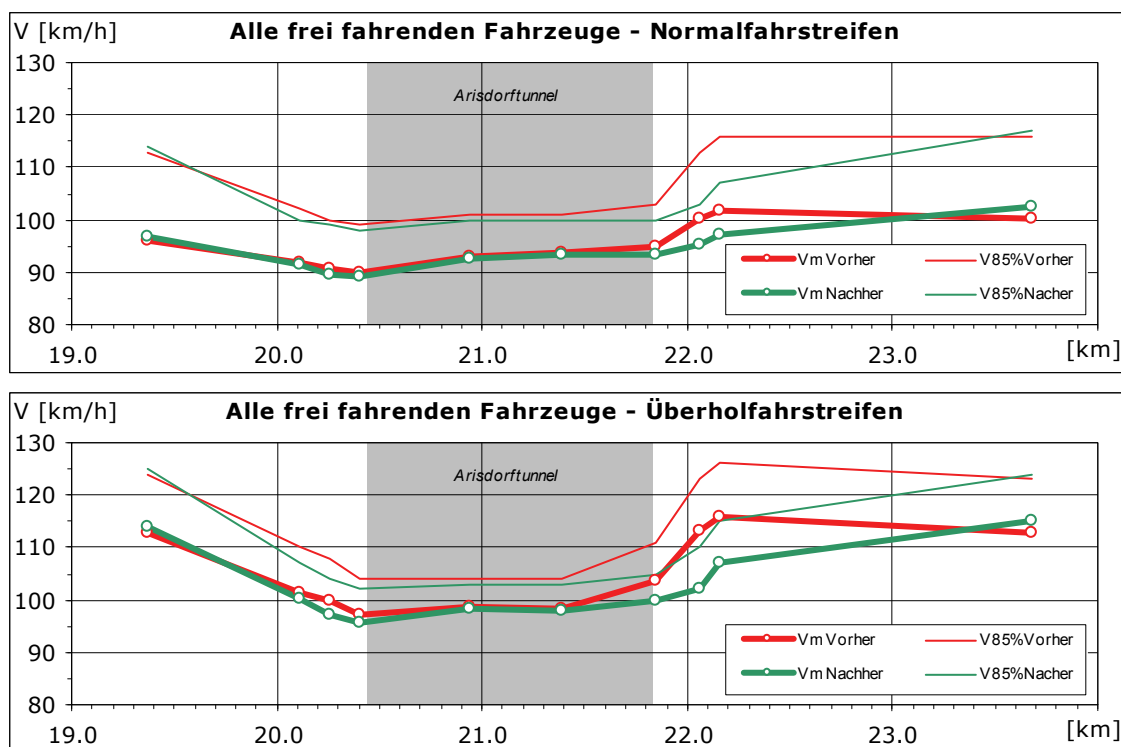


Abbildung 59: Vorher/Nachher-Vergleich der Geschwindigkeitsverläufe aller frei fahrenden Fahrzeuge auf dem Normalfahrstreifen (oben) und auf dem Überholfahrstreifen (unten)

Die Geschwindigkeitsverläufe der frei fahrenden Fahrzeuge unterscheiden sich in ihrer Charakteristik von den Verläufen aller Fahrzeuge (vgl. Abbildung 58) erwartungsgemäss nicht. Der wesentliche Unterschied liegt in einem höheren Geschwindigkeitsniveau von rund 1-2 km/h auf dem NS bzw. 2-3 km/h auf dem ÜS. Die mittleren Geschwindigkeiten V_m auf dem ÜS liegen in der Vorlaufstrecke (QS 1) sowohl Vorher als auch Nachher rund 17 km/h höher als auf dem NS (+2 km/h gegenüber „alle Fahrzeuge“). Beim AGK Eintrittsportal und zu Beginn des Kontrollabschnitts reduziert sich dieser Unterschied auf bis ca. 7 km/h (QS 4). Innerhalb des Kontrollabschnitts steigen die Geschwindigkeiten im ersten Drittel auf beiden Fahrstreifen wieder an, dieser Anstieg setzt sich auf dem NS im zweiten Drittel abgeschwächt fort, während auf dem ÜS eine Stagnation fest zu stellen ist. Auf dem NS tritt diese Stagnation erst im letzten Drittel auf, wo hingegen auf dem ÜS ein weiterer Anstieg der Geschwindigkeiten zu beobachten ist. Die grössten Unterschiede im Vorher/Nachher-Vergleich sind wiederum beim Tunnelaustritt bzw. im Bereich des AGK Austrittsportal zu beobachten.

Die beiden folgenden Tabellen zeigen die Entwicklung der mittleren Geschwindigkeiten sowie der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten für die frei fahrenden Fahrzeuge im Vorher/Nachher-Vergleich. Grundsätzlich gelten für die frei fahrenden Fahrzeuge dieselben Aussagen wie sie bereits für alle Fahrzeuge gemacht wurden. Die Geschwindigkeitsdifferenzen im Querschnitt sowie im Längsverlauf im Vorher/Nachher-Vergleich sind denjenigen für alle Fahrzeuge ähnlich, mit dem Unterschied, dass absolut betrachtet ein leicht höheres Geschwindigkeitsniveau resultiert.

Mittlere Geschwindigkeit V_m [km/h], $\Delta V_{x/y}$ [km/h] und a_m [m/s ²]																					
Alle frei fahrenden Fahrzeuge ($\Delta t \geq 4$ s)																					
		Vor- lauf	AGK _{ein}			Kontrollabschnitt				AGK _{aus}		Nach- lauf	Vorlauf		AGK _{ein}		Kontroll- abschnitt		AGK _{aus}		Fahrer- erkennung
Phase	QS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Delta V_{1/2}$	a_m	$\Delta V_{2/4}$	a_m	$\Delta V_{4/7}$	a_m	$\Delta V_{7/8}$	a_m	$\Delta V_{8/9}$	a_m
Vorher	NS	96.0	91.9	90.8	90.0	92.9	93.6	94.7	100.1	101.6	100.2	-4.1	-0.04	-1.9	-0.05	4.8	0.02	5.4	0.19	1.4	0.11
Nachher	NS	96.9	91.6	89.7	89.2	92.5	93.3	93.3	95.1	97.3	102.3	-5.3	-0.05	-2.4	-0.06	4.1	0.02	1.8	0.06	2.2	0.16
Differenz	ΔV	-0.9	0.3	1.2	0.8	0.3	0.3	1.4	5.0	4.2	-2.1										
Vorher	ÜS	113.0	101.4	99.7	97.3	98.6	98.3	103.5	113.4	116.0	113.0	-11.6	-0.13	-4.1	-0.11	6.2	0.03	9.9	0.39	2.7	0.24
Nachher	ÜS	113.8	100.1	97.2	95.5	98.2	98.1	99.9	102.0	107.1	115.2	-13.7	-0.15	-4.6	-0.12	4.4	0.02	2.1	0.08	5.0	0.41
Differenz	ΔV	-0.9	1.3	2.6	1.7	0.4	0.3	3.6	11.3	8.9	-2.2										

Tabelle 15: Vorher/Nachher-Vergleich der mittleren Geschwindigkeiten für alle frei fahrenden Fahrzeuge

$V_{85\%}$ Geschwindigkeit [km/h], $\Delta V_{x/y}$ [km/h] und a_m [m/s²] Alle frei fahrenden Fahrzeuge ($\Delta t \geq 4$ s)																						
Phase	QS	Vor- lauf	AGK _{ein}			Kontrollabschnitt				AGK _{aus}		Nach- lauf	Vorlauf		AGK _{ein}		Kontroll- abschnitt		AGK _{aus}		Fahrer- erkennung	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Delta V_{1/2}$	a_m	$\Delta V_{2/4}$	a_m	$\Delta V_{4/7}$	a_m	$\Delta V_{7/8}$	a_m	$\Delta V_{8/9}$	a_m	
Vorher	NS	113.0	102.0	100.0	99.0	101.0	101.0	103.0	113.0	116.0	116.0	-11.0	-0.12	-3.0	-0.08	4.0	0.02	10.0	0.40	3.0	0.27	
Nachher	NS	114.0	100.0	99.0	98.0	100.0	100.0	100.0	103.0	107.0	117.0	-14.0	-0.16	-2.0	-0.05	2.0	0.01	3.0	0.11	4.0	0.32	
Differenz	ΔV	-1.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	3.0	10.0	9.0	-1.0											
Vorher	ÜS	124.0	110.0	108.0	104.0	104.0	104.0	111.0	123.0	126.0	123.0	-14.0	-0.17	-6.0	-0.17	7.0	0.04	12.0	0.52	3.0	0.29	
Nachher	ÜS	125.0	107.0	104.0	102.0	103.0	103.0	105.0	110.0	115.0	124.0	-18.0	-0.22	-5.0	-0.14	3.0	0.02	5.0	0.20	5.0	0.43	
Differenz	ΔV	-1.0	3.0	4.0	2.0	1.0	1.0	6.0	13.0	11.0	-1.0											

Tabelle 16: Vorher/Nachher-Vergleich der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten für alle frei fahrenden Fahrzeuge

5.1.2 Abstandsverhalten aller Fahrzeuge

Die Auswertungen zu den Geschwindigkeitsverteilungen für alle Fahrzeuge haben bereits gezeigt, dass die AGK zu einer Homogenisierung des Verkehrsablaufs geführt hat. Ob die AGK auch einen erkennbaren Einfluss auf die mittleren Fahrzeugabstände hat, wird anhand von Auswertungen der Netto-Zeitlücken der Einzelfahrzeuge untersucht. Diese Auswertungen sind im ANHANG D dokumentiert.

Zu diesem Zweck wurden in einem ersten Schritt je Fahrstreifen für die gesamte Vorher- und Nachher-Phase sämtliche Einzelfahrzeugdaten zu 5-Minuten-Intervallen aggregiert und für jedes Intervall die durchschnittliche Zeitlücke sowie die auf 1h hoch gerechnete Verkehrsbelastung ermittelt. Da das Verkehrsaufkommen einen direkten Einfluss auf die Fahrzeugabstände ausübt, wurden in einem zweiten Schritt die 5'-Intervalle in entsprechende Verkehrsbelastungsklassen eingeteilt und für jede Klasse abschliessend eine mittlere Zeitlücke Δt_m [s] ermittelt (rote Linien in den beiden folgenden Diagrammen). Die folgende Abbildung zeigt beispielhaft die Ergebnisse für den Normal- und Überholfahrstreifen im Messquerschnitt QS3 unmittelbar beim AGK Eintrittsportal für die Vorher- und Nachher-Phase.

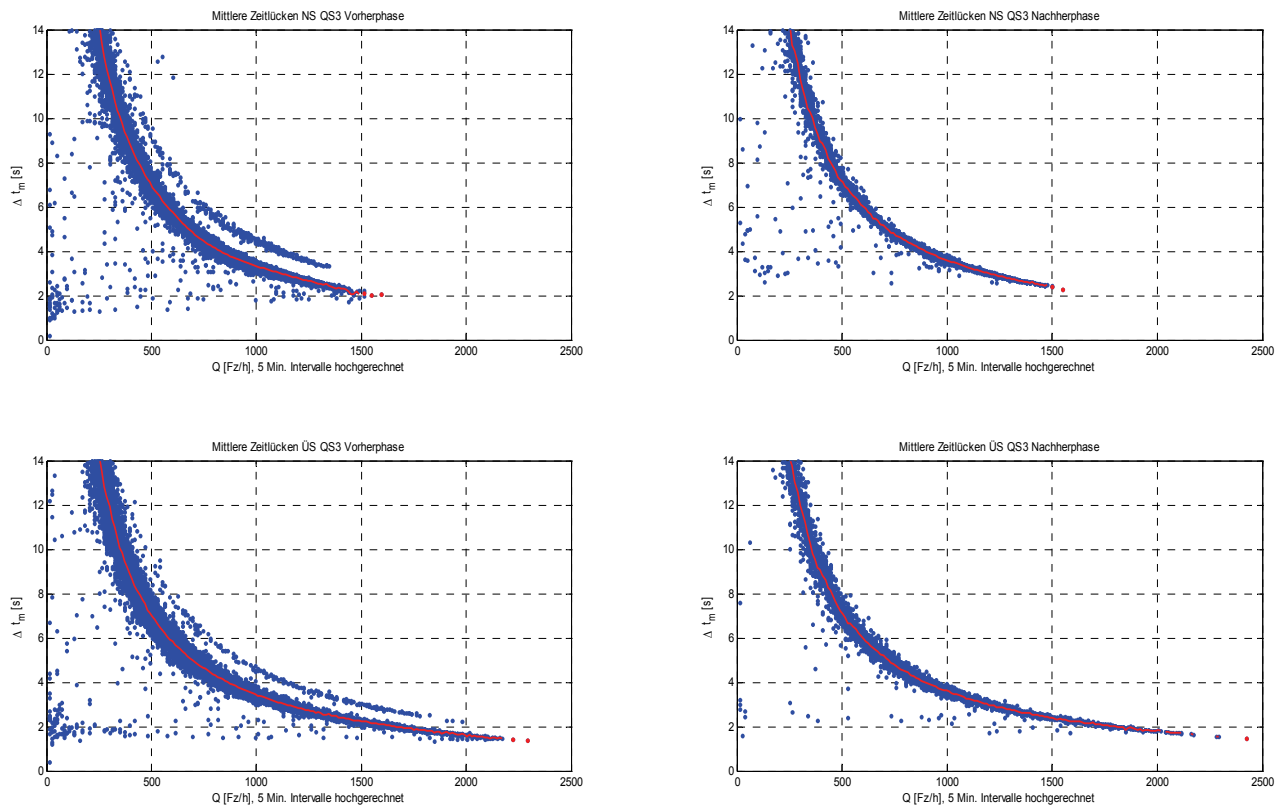
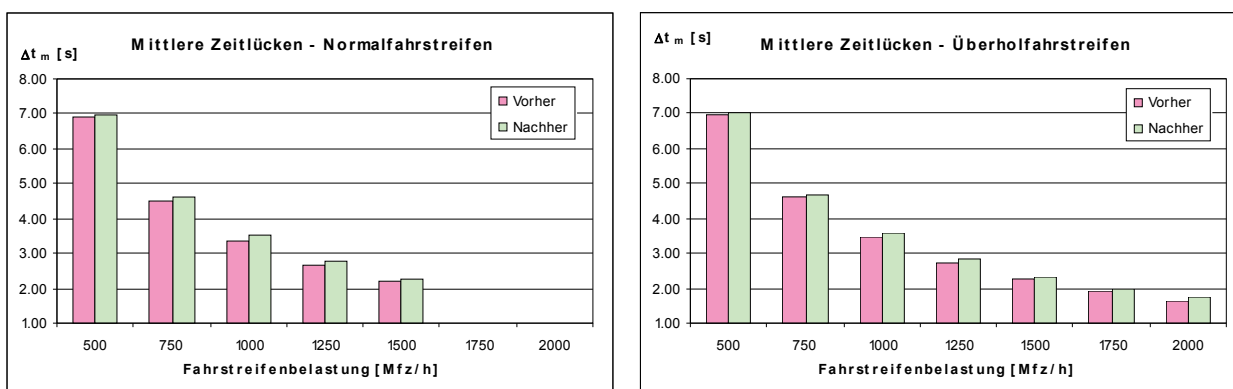


Abbildung 60: Ergebnisse der Auswertungen der mittleren Zeitlücken Δt_m (rote Linie) in Abhängigkeit der Verkehrsbelastung in der Vorher-Phase (links) bzw. Nachher-Phase (rechts) auf dem Normalfahrstreifen (oben) bzw. Überholfahrstreifen (unten) im Messquerschnitt QS 3

Grundsätzlich auffallend ist die Tatsache, dass auf dem Normalfahrstreifen mit maximal rund 1'500 Mfz/h bei weitem nicht diejenigen Belastungen auftreten wie sie auf dem Überholfahrstreifen mit bis über 2'000 Mfz/h registriert werden. Dieses Phänomen ist typisch für zweistreifige Autobahnquerschnitte mit hohem Schwerverkehrsaufkommen, wo sich die Anteile der Verkehrsmengen auf dem linken und rechten Fahrstreifen mit zunehmender Gesamtbelastung stark verändern. Während bei geringen Verkehrsmengen im Querschnitt der Hauptanteil der Fahrzeuge rechts fährt, kehrt sich das Verhältnis bei rund 1'700 Mfz/h im Querschnitt um. Bei grösseren Verkehrsmengen im Querschnitt, also bei Zuständen hoher Autobahnbelastungen, stellt sich ein Verhältnis ein von rund 60% aller Fahrzeuge auf dem linken bzw. 40% auf dem rechten Fahrstreifen.

In der folgenden Tabelle und Abbildung werden die Ergebnisse der Auswertungen der mittleren Zeitlücken für die Vorher- und Nachher-Phase in Abhängigkeit der Fahrstreifenbelastung einander gegenübergestellt. Die Angaben beziehen sich jeweils auf den Mittelwert über alle Messquerschnitte.

Mittlere Zeitlücken Δt_m [s] in Abhängigkeit der Fahrstreifenbelastung (Mittelwerte über alle Messquerschnitte)								
Phase	Fahrstreifenbelastung [Mfz/h]	500	750	1'000	1'250	1'500	1'750	2'000
Vorher	NS	6.91	4.48	3.35	2.67	2.20		
Nachher	NS	6.96	4.62	3.51	2.80	2.24		
Differenz	Δt_m	0.05	0.14	0.15	0.11	0.03		
Vorher	ÜS	6.98	4.61	3.46	2.74	2.25	1.89	1.61
Nachher	ÜS	7.00	4.69	3.56	2.82	2.34	1.99	1.74
Differenz	Δt_m	0.02	0.08	0.10	0.09	0.09	0.10	0.13

Tabelle 17: Vorher/Nachher-Vergleich der mittleren Zeitlücken in Abhängigkeit der Fahrstreifenbelastung**Abbildung 61: Veränderung der mittleren Zeitlücken auf dem Normalfahrstreifen (links) und auf dem Überholfahrstreifen (rechts) in Abhängigkeit der Fahrstreifenbelastung (auf Basis von 5'-Intervallen)****Kommentar:**

- Unabhängig vom Fahrstreifen und der Fahrstreifenbelastung haben sich die mittleren Zeitlücken und damit die mittleren Fahrzeugabstände in der Nachher-Phase vergrössert.
- Auf dem NS liegen die mittleren Zunahmen je nach Belastung zwischen 0.03 bis 0.15 Sekunden, wobei die grössten Veränderungen bei einer Fahrstreifenbelastung von 1'000 Mfz/h registriert werden. Dies entspricht in etwa einer Fahrstreifenauslastung von 50%.
- Auf dem ÜS liegen die Zunahmen zwischen 0.02 bis 0.13 Sekunden, wobei die grössten Veränderungen bei einer Fahrstreifenbelastung von 2'000 Mfz/h registriert werden. Dies entspricht einer Fahrstreifenauslastung von nahezu 100%.
- Unabhängig von der Versuchsphase sind die mittleren Zeitlücken bis zu einer Fahrstreifenbelastungen von 1'500 Mfz/h auf dem ÜS grösser als auf dem NS. Bei Belastungen ab ca. 1'650 Mfz/h auf dem ÜS fallen die mittleren Zeitlücken unter die aus Sicht der Verkehrssicherheit kritische Schwelle von 2 Sekunden. Solche Belastungen werden auf dem NS hingegen gar nicht erreicht.

Ob die Zunahme der mittleren Zeitlücken in direktem Zusammenhang mit der AGK steht, lässt sich anhand der obigen Auswertungen jedoch nicht abschliessend feststellen, da die Angaben jeweils die Mittelwerte über alle Messquerschnitte darstellen.

Falls ausschliesslich die AGK für die Zunahme der mittleren Zeitlücken verantwortlich ist, so müsste sich dies dadurch äussern, dass die Veränderungen vor allem im Kontrollabschnitt sowie in den Ein- und Austrittsportalen auftreten, während im Vor- und Nachlauf keine Veränderungen festgestellt werden dürften. Zu diesem Zweck wird nachfolgend auf die Veränderungen in den einzelnen Messquerschnitten am Beispiel einer Fahrstreifenbelastung von 750 Mfz/h eingegangen.

Mittlere Zeitlücken Δt_m [s] bei einer Fahrstreifenbelastung von 750 Mfz/h																	
Phase	QS	Vor- lauf	AGK _{ein}			Kontrollabschnitt				AGK _{aus}		Nach- lauf	Mittelwerte				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	2/3	4/5	5/6	6/7	8/9	
Vorher	NS	4.51	4.41	4.41	4.44	4.52	4.52	4.52	4.51	4.50	4.48	4.41	4.48	4.52	4.52	4.50	
Nachher	NS	4.63	4.52	4.71	4.59	4.63	4.62	4.62	4.59	4.61	4.64	4.62	4.61	4.63	4.62	4.60	
Differenz	Δt_m	0.12	0.11	0.30	0.14	0.11	0.10	0.11	0.09	0.11	0.16	0.20	0.13	0.11	0.10	0.10	
Vorher	ÜS	4.62	4.60	4.61	4.59	4.61	4.60	4.60	4.62	4.62	4.63	4.60	4.60	4.61	4.60	4.62	
Nachher	ÜS	4.68	4.66	4.75	4.68	4.68	4.69	4.70	4.70	4.68	4.71	4.71	4.68	4.69	4.70	4.69	
Differenz	Δt_m	0.06	0.06	0.14	0.08	0.07	0.09	0.10	0.08	0.06	0.08	0.10	0.08	0.08	0.09	0.07	

Tabelle 18: Vorher/Nachher-Vergleich der mittleren Zeitlücken bei Fahrstreifenbelastungen von 750 Mfz/h

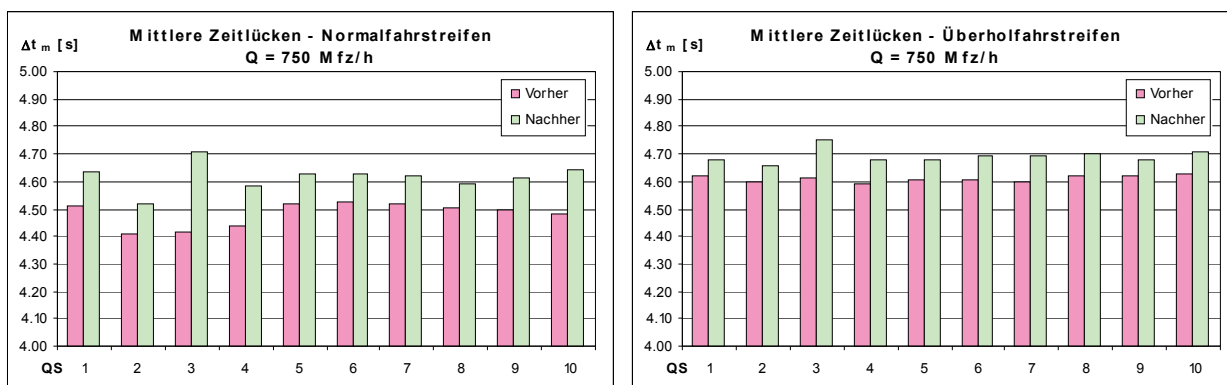


Abbildung 62: Veränderung der mittleren Zeitlücken auf dem Normalfahrstreifen (links) und auf dem Überholfahrstreifen (rechts) bei Fahrstreifenbelastungen von 750 Mfz/h

Kommentar:

- Bei einer spezifischen Fahrstreifenbelastung von 750 Mfz/h haben sich die mittleren Zeitlücken in der Nachher-Phase sowohl auf dem NS als auch auf dem ÜS in sämtlichen Messquerschnitten erhöht. Auf dem NS bewegen sich die Zunahmen zwischen 0.09 und 0.30 Sekunden, auf dem ÜS zwischen 0.06 bis 0.14 Sekunden. Auf beiden Fahrstreifen können die grössten Veränderungen im Messquerschnitt QS 3 direkt beim AGK Eintrittsportale ausgemacht werden.
- Da aber sowohl im Vorlauf (QS 1) als auch im Nachlauf (QS 10) in der Nachher-Phase ebenfalls Zunahmen der mittleren Zeitlücken in einer ähnlichen Grössenordnung wie innerhalb des Kontrollabschnitts feststellbar sind, lassen sich die Veränderungen beim Abstandsverhalten nicht mit absoluter Sicherheit auf die AGK zurück führen. Andere lokale Einflüsse liessen sich jedoch nicht ausmachen.
- Zusätzliche Analysen für spezifische Fahrstreifenbelastungen von 1'000 bis 2'000 Mfz/h zeigen praktisch dieselben Ergebnisse wie in Abbildung 62 dargestellt: In sämtlichen Messquerschnitten haben sich die mittleren Zeitlücken in der Nachher-Phase vergrössert.

5.2 Personenwagen

5.2.1 Geschwindigkeitsverhalten von Personenwagen

Im folgenden Abschnitt wird auf die Auswirkungen der AGK auf das Geschwindigkeitsverhalten von Fahrzeugen der Gruppe „Personenwagen“ näher eingegangen. In dieser Gruppe sind neben den Personenwagen auch die Motorräder sowie Lieferwagen bis 3.5 to enthalten. Für diese Fahrzeuggruppe gilt auf Autobahnen eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h. Die Messergebnisse basieren auf den Angaben in ANHANG B.2 und werden analog zu den Auswertungen für alle Fahrzeuge getrennt für den Normalfahrstreifen (NS) und den Überholfahrstreifen (ÜS) dargestellt.

Die Veränderungen der Geschwindigkeitsverteilung für die Gruppe der Personenwagen werden in den einzelnen Querschnitten (QS i) auf Grund der Standardabweichungen (S) untersucht.

Die folgenden Tabellen zeigen jeweils eine Gegenüberstellung der Ergebnisse für die „Vorher-“ und „Nachher-Phase“ für die Gruppe der Personenwagen. Im rechten Teil der Tabellen sind jeweils die Mittelwerte von S für bestimmte Teilabschnitte angegeben. Die Spalte „2/3“ enthält die Mittelwerte für den Eintrittsbereich der AGK, die Spalte 8/9 jene für den Austrittsbereich der AGK mit dem zwischen den beiden Querschnitten liegenden Fahrererkennungssystem. Die Spalten „4/5“, „5/6“ und „6/7“ schliesslich enthalten die Mittelwerte für das erste, zweite und dritte Drittel des Kontrollabschnitts und dienen zur Überprüfung allfälliger Kompensationseffekte. Der obere Teil der Tabellen zeigt die Ergebnisse für den Normalfahrstreifen (NS), der untere Teil jene für den Überholfahrstreifen (ÜS).

5.2.1.1 Geschwindigkeitsverteilung der Gruppe „Personenwagen“

Standardabweichung S [km/h] für die Gruppe „Personenwagen“ ($\Delta t > 0$ s)																	
Phase	QS	Vor- lauf	AGK _{ein}			Kontrollabschnitt				AGK _{aus}		Nach- lauf	Mittelwerte				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	2/3	4/5	5/6	6/7	8/9	
Vorher	NS	13.2	9.3	9.0	9.0	7.6	6.9	8.0	10.7	11.6	12.7	9.2	8.4	7.3	7.5	11.2	
Nachher	NS	12.8	8.3	8.6	8.0	6.7	6.2	6.5	7.3	8.2	11.4	8.4	7.6	6.5	6.3	7.9	
Differenz	ΔS	0.4	1.1	0.4	1.0	0.8	0.7	1.5	3.4	3.3	1.3	0.8	0.8	0.8	1.1	3.3	
Vorher	ÜS	12.1	9.4	9.1	8.7	7.0	6.4	7.7	9.9	10.3	11.4	9.3	8.0	6.7	7.5	10.2	
Nachher	ÜS	11.6	8.5	9.0	7.7	6.6	5.8	5.8	7.3	7.9	10.1	8.7	7.4	6.2	5.9	7.9	
Differenz	ΔS	0.5	0.9	0.1	1.0	0.4	0.6	1.8	2.6	2.3	1.3	0.6	0.7	0.5	1.6	2.3	

Tabelle 19: Vorher/Nachher-Vergleich der Standardabweichungen für die Gruppe „Personenwagen“

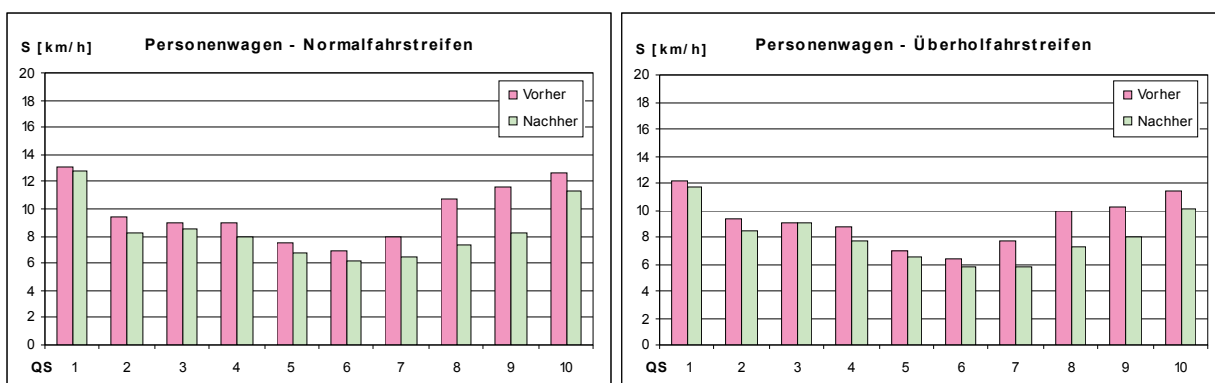


Abbildung 63: Veränderung der Standardabweichungen für die Gruppe der „Personenwagen“ auf dem Normalfahrstreifen (links) und auf dem Überholfahrstreifen (rechts)

Kommentar:

- Unabhängig vom Fahrstreifen (NS/ÜS) und Versuchsphase (Vorher/Nachher) nehmen die Standardabweichungen bis zum Messquerschnitt QS 6 (im Bereich der bestehenden Punktkontrolle) auch für die Gruppe der „Personenwagen“ deutlich ab.
- Während die Standardabweichungen auf beiden Fahrstreifen nach dem Messquerschnitt 6 in der Vorher-Phase wieder zum Teil deutlich ansteigen, bleibt die Standardabweichung in der Nachher-Phase bis zum Tunnelaustritt (QS7) konstant niedrig und steigt erst anschliessend wieder an, jedoch deutlich weniger ausgeprägt und auf einem tieferen Niveau als in der Vorher-Phase.
- Die Standardabweichungen zwischen NS und ÜS unterscheiden sich nur geringfügig voneinander. Innerhalb des Kontrollabschnitts lagen die Standardabweichungen in der Vorher-Phase auf dem NS leicht über denjenigen auf dem ÜS, in der Nachher-Phase sind sie auf dem ÜS etwas kleiner als auf dem NS.
- Im Vorher/Nachher-Vergleich zeigen sich erneut die geringen Unterschiede der Standardabweichungen im Vorlauf (QS 1) bis etwa QS 6. Die grössten Reduktionen der Standardabweichungen treten in diesem Abschnitt unmittelbar vor dem AGK Eintrittsportal (zwischen 0.9 – 1.1 km/h bei QS 2) sowie beim Tunnelportal (1.0 km/h bei QS 4) auf, während im Vorlauf (QS 1) nur eine geringfügige Reduktion festgestellt werden konnte. Somit bestätigt sich auch für die Gruppe der „Personenwagen“ die bereits für alle Fahrzeuge gewonnene Erkenntnis, dass die AGK in der Vorlaufstrecke noch keinen Einfluss auf die Geschwindigkeitsverteilungen ausübt, während im Bereich des AGK Eintrittsportals und innerhalb des Kontrollabschnitts hingegen eine leicht homogenere Geschwindigkeitsverteilung resultiert. Diese nur geringfügige aber dennoch signifikante Reduktion liegt auch darin begründet, dass der Verkehrsablauf insbesondere im Tunnel (QS 5 und 6) bereits in der Vorher-Phase schon sehr homogen war.
- Im AGK Austrittsbereich (QS 7 bis 9) sind die Unterschiede in den Standardabweichungen im Vorher/Nachher-Vergleich mit bis zu 3.4 km/h hingegen deutlich. Während in der Vorher-Phase die Streuung der Geschwindigkeiten bereits im Tunnelaustrittsportal (QS 7) wieder zunimmt, lässt sich mit der AGK über den gesamten Kontrollabschnitt eine Homogenisierung der Geschwindigkeiten erreichen.
- Auch im Nachlauf (QS10) lässt sich noch ein Einfluss der AGK auf die Geschwindigkeitsverteilungen feststellen. Hier reduzierte sich die Standardabweichung auf beiden Fahrstreifen um 1.3 km/h. Ausserdem liegen die Werte auf beiden Fahrstreifen im Nachlauf unter jenen im Vorlauf.
- Im Längsverlauf innerhalb des Kontrollabschnitts (Mittelwerte 4/5, 5/6 und 6/7) sind die Standardabweichungen in der Vorher-Phase im mittleren Drittel (mit der Punktkontrolle) tiefer als im ersten und letzten Drittel. In der Nachher-Phase hingegen sinken die Standardabweichungen kontinuierlich und liegen im letzten Drittel am tiefsten. Somit findet nicht nur im Quervergleich sondern auch im Längsverlauf eine zunehmende Homogenisierung der Geschwindigkeitsverteilungen im Kontrollabschnitt statt.

5.2.1.2 Geschwindigkeitsverlauf der Gruppe „Personenwagen“

Die Veränderungen im Geschwindigkeitsverlauf für die Gruppe der „Personenwagen“ werden wiederum auf Grund der Geschwindigkeitsdifferenzen (ΔV) zwischen ausgewählten Messquerschnitten und den daraus resultierenden mittleren Beschleunigungen (a_m) untersucht. In einem weiteren Schritt wird auf die Beeinflussung der schnell fahrenden Personenwagen ($V_{85\%}$) eingegangen.

Die Abbildung 64 zeigt die Geschwindigkeitsverläufe für die Gruppe „Personenwagen“ im Vorher-/Nachher-Vergleich. Dargestellt sind wiederum die V_m und die $V_{85\%}$ für den NS und den ÜS. Die Punkte markieren die Lage der Messquerschnitte (QS 1 bis QS 10).

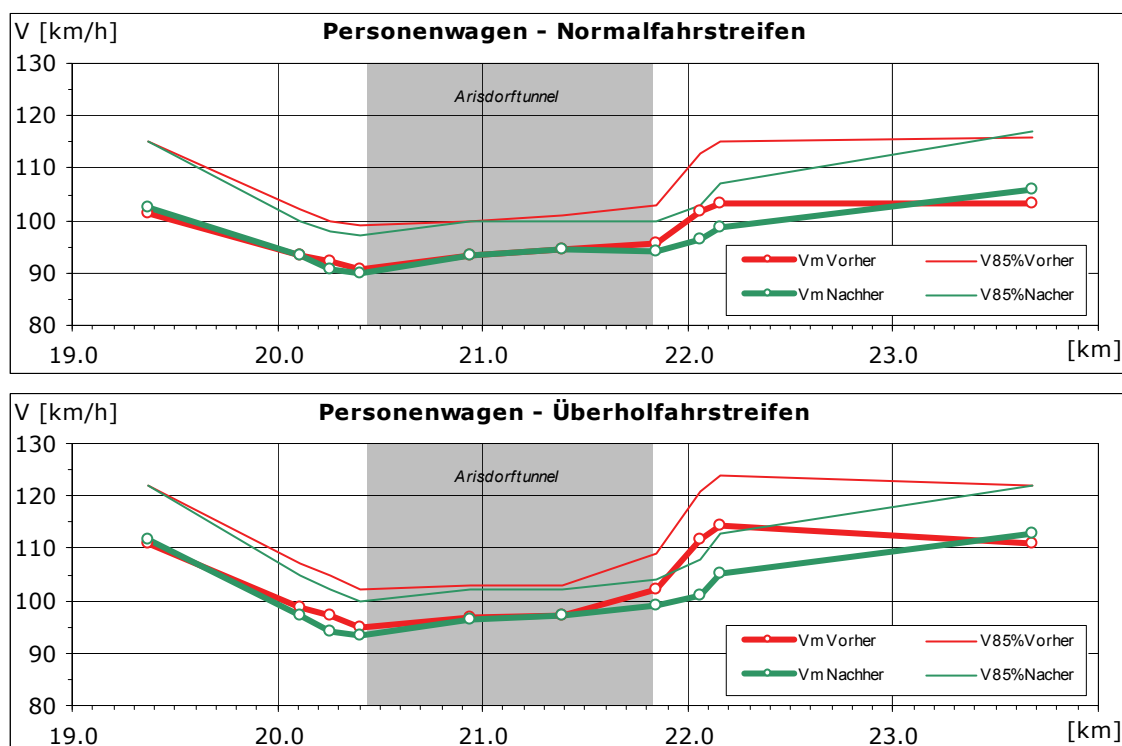


Abbildung 64: Vorher/Nachher-Vergleich der Geschwindigkeitsverläufe für die Gruppe der „Personenwagen“ auf dem Normalfahrstreifen (oben) und auf dem Überholfahrstreifen (unten)

Die Verläufe auf dem Normalfahrstreifen zeichnen sich durch eine kontinuierliche Verlangsamung im Bereich der Vorlaufstrecke bis zum Nordportal des Arisdorftunnels aus (QS 1 bis QS 4). Auf dem Überholfahrstreifen findet in diesem Bereich ebenfalls eine Verlangsamung statt, welche jedoch erwartungsgemäss ausgeprägter ausfällt (höheres Geschwindigkeitsniveau auf dem ÜS). Die mittleren Geschwindigkeiten V_m auf dem ÜS liegen in der Vorlaufstrecke (QS 1), unabhängig von der Versuchsphase, ca. 10 km/h höher als auf dem NS. Beim AGK Eintrittsportal und zu Beginn des Kontrollabschnitts reduziert sich dieser Unterschied auf bis ca. 4 km/h (QS 4). Die $V_{85\%}$ -Werte liegen in der Vorlaufstrecke auf dem NS rund 13 km/h bzw. auf dem ÜS rund 11 km/h über der V_m . Auf die Verläufe der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten wird später noch detailliert eingegangen.

Innerhalb des Kontrollabschnitts steigen die Geschwindigkeiten auf beiden Fahrstreifen sowohl im ersten als auch im zweiten Drittel des Kontrollabschnitts unabhängig von der Versuchsphase wieder an, wobei der Anstieg im ersten Drittel deutlich stärker ausfällt. Dies dürfte vor allem auf die horizontale Linienführung (Beginn der Gefällsstrecke) zurückzuführen sein, da der Anstieg praktisch unabhängig von der Versuchsphase zu beobachten ist.

Im letzten Drittel des Kontrollabschnitts (von QS 6 zu QS 7) und insbesondere im Bereich des AGK Austrittsportals lassen sich Unterschiede zwischen der Vorher- und der Nachher-Phase hingegen eindeutig feststellen. Während die Verläufe auf dem NS in der Vorher-Phase bis zum Tunnelaustritt weiter ansteigen und anschliessend eine deutliche Beschleunigung feststellbar ist, verharrt der Verlauf auf dem NS in der Nachher-Phase auf konstantem Niveau und ein gemächlicher Anstieg der Geschwindigkeiten tritt erst nach Passieren des AGK Austrittsportals ein. Diese Unterschiede lassen sich auch auf dem ÜS beobachten. In der Vorher-Phase steigen die Verläufe auf dem ÜS (nach Passieren der Punktkontrolle bei QS 6) deutlich stärker an als in der Nachher-Phase. Deutlich erkennbar ist der starke Anstieg nach dem Tunnelaustritt. In der Nachher-Phase findet ein weniger ausgeprägter Anstieg erst nach Passieren des AGK Austrittsportals statt.

Anhand der nachfolgenden Tabelle werden die Auswirkungen der AGK auf die mittleren Geschwindigkeiten im Vorher-/Nachher-Vergleich beurteilt. Die Tabelle ist ähnlich aufgebaut wie diejenige zu den Geschwindigkeitsverteilungen, wobei im rechten Teil nun die Geschwindigkeitsunterschiede zwischen ausgewählten Querschnitten ($\Delta V_{x/y}$) und die entsprechenden mittleren Werte (a_m) der Beschleunigungen (+) bzw. Verzögerungen (–) für die Vorlaufstrecke (1/2), das AGK Eintrittsportal (2/4), den Kontrollabschnitt (4/7), das AGK Austrittsportal (7/8) sowie für das Fahrererkennungssystem (8/9) angegeben sind.

Mittlere Geschwindigkeit V_m [km/h], $\Delta V_{x/y}$ [km/h] und a_m [m/s ²] für die Gruppe „Personenwagen“ ($\Delta t > 0$ s)																						
Phase	QS	Vor- lauf	AGK _{ein}			Kontrollabschnitt				AGK _{aus}		Nach- lauf	Vorlauf		AGK _{ein}		Kontroll- abschnitt		AGK _{aus}		Fahrer- erkennung	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Delta V_{1/2}$	a_m	$\Delta V_{2/4}$	a_m	$\Delta V_{4/7}$	a_m	$\Delta V_{7/8}$	a_m	$\Delta V_{8/9}$	a_m	
Vorher	NS	101.4	93.5	92.2	90.6	93.5	94.6	95.6	101.8	103.4	103.2	-7.9	-0.08	-2.9	-0.07	5.0	0.02	6.2	0.23	1.6	0.13	
Nachher	NS	102.5	93.2	90.6	89.8	93.3	94.5	94.2	96.4	98.7	106.0	-9.3	-0.09	-3.4	-0.08	4.3	0.02	2.3	0.08	2.2	0.17	
Differenz	ΔV	-1.1	0.3	1.6	0.8	0.2	0.1	1.5	5.4	4.7	-2.7											
Vorher	ÜS	111.0	98.5	97.1	94.8	96.9	97.3	102.2	111.7	114.4	111.0	-12.5	-0.14	-3.7	-0.10	7.4	0.04	9.5	0.37	2.7	0.24	
Nachher	ÜS	111.6	97.3	94.2	93.2	96.6	97.0	99.0	100.9	105.2	113.0	-14.3	-0.16	-4.1	-0.10	5.8	0.03	1.9	0.07	4.2	0.34	
Differenz	ΔV	-0.6	1.2	2.9	1.6	0.4	0.2	3.2	10.7	9.2	-1.9											

Tabelle 20: Vorher/Nachher-Vergleich der mittleren Geschwindigkeiten für die Gruppe der „Personenwagen“

Kommentar:

- Sowohl auf dem NS als auch auf dem ÜS liegen die mittleren Geschwindigkeiten zu Beginn der Vorlaufstrecke (QS 1) in der Nachher-Phase leicht über denjenigen der Vorher-Phase (0.6 – 1.1 km/h). Erst kurz vor dem AGK Eintrittsportal (QS 2) fallen die V_m in der Nachher-Phase unter die Werte der Vorher-Phase, auf dem ÜS mit 1.2 km/h deutlicher als auf dem NS mit lediglich 0.3 km/h. Dementsprechend fällt die Geschwindigkeitsreduktion bzw. Verzögerung innerhalb der Vorlaufstrecke ($\Delta V_{1/2}$) in der Nachher-Phase leicht grösser aus. Ein übermässiges (unerwünschtes) Verzögern im Bereich des AGK Eintrittsportals lässt sich aber nicht erkennen.
- Im Bereich des AGK Eintrittsportals (QS 3) haben sich die V_m in der Nachher-Phase weiter reduziert, auf dem NS um 1.6 km/h und deutlicher auf dem ÜS, wo eine Reduktion um 2.9 km/h feststellbar ist. Diese Reduktion setzt sich, wenn auch leicht weniger ausgeprägt, bis etwa zum Nordportal des Arisdorftunnels fort (QS 4), wo die tiefsten mittleren Geschwindigkeiten registriert werden.
- Innerhalb der ersten zwei Drittel des Kontrollabschnitts (QS 5 und 6) liegen die V_m auf beiden Fahrstreifen in der Nachher-Phase nur unwesentlich unter den Werten der Vorher-Phase (max. 0.4 km/h tiefer).

- Im letzten Drittel des Kontrollabschnitts (QS 6 bis 7) reduzieren sich die V_m auf dem NS in der Nachher-Phase sogar noch geringfügig, während in der Vorher-Phase bereits wieder ein Anstieg der V_m um 1.0 km/h zu verzeichnen war. Auf dem ÜS hingegen steigen die V_m sowohl in der Vorher- als auch Nachher-Phase zwischen QS 6 und 7 wieder an, die Zunahme liegt in der Nachher-Phase am Ende des Kontrollabschnitts (QS 7) mit 2.0 km/h aber deutlich tiefer als in der Vorher-Phase mit 4.9 km/h.
- Diese Unterschiede werden besonders deutlich bei der Betrachtung der Geschwindigkeitsdifferenzen im Bereich des AGK Austrittsbereichs ($\Delta V_{7/8}$). Während in der Vorher-Phase innerhalb der 210 m Zwischendistanz eine Zunahme auf dem NS von 6.2 km/h und auf dem ÜS sogar eine Zunahme von 9.5 km/h festgestellt werden konnte, so reduziert sich die Zunahme in der Nachher-Phase auf 2.3 km/h auf dem NS bzw. 1.9 km/h auf dem ÜS.
- Die in der Vorher-Phase bereits zwischen QS 7 und 8 beobachtete Beschleunigung findet in der Nachher-Phase – weniger ausgeprägt – erst nach dem Passieren des Fahrererkennungssystems (QS 8 bis 9) statt. Insgesamt wird auf dem ÜS stärker beschleunigt als auf dem NS.
- Im Nachlauf (QS 10) liegen die V_m in der Nachher-Phase um 2.7 km/h (NS) bzw. 1.9 km/h (ÜS) höher als in der Vorher-Phase. Zudem sind die Veränderungen im Nachlauf auch höher als die Veränderungen im Vorlauf (QS 1). Unter Umständen kann dies als ein Indiz auf Kompensationseffekte im Anschluss an den Kontrollabschnitt gewertet werden.
- Abschliessend lässt sich festhalten, dass die mittleren Geschwindigkeiten sowohl im Vorlauf als auch im Nachlauf in der Nachher-Phase leicht über den Werten der Vorher-Phase liegen, während in sämtlichen übrigen Querschnitten in der Nachher-Phase tiefere V_m festgestellt werden. Die ausgeprägtesten Unterschiede im Vorher-/Nachher-Vergleich lassen sich im AGK Austrittsbereich feststellen, etwas weniger deutlich sind die Unterschiede im AGK Eintrittsbereich. Innerhalb des Kontrollabschnitts sind die Unterschiede mit Ausnahme von QS 7 am geringfügigsten.

Einfluss auf schnell fahrende Personenwagen

Anhand der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten der Gruppe „Personenwagen“ wird der Einfluss der AGK auf die schnell fahrenden Personenwagen analysiert. Auffallend ist, dass die Messergebnisse auf dem ÜS identisch mit den Messergebnissen für alle Fahrzeuge auf dem ÜS sind (vgl. Tabelle 14).

$V_{85\%}$ Geschwindigkeit [km/h], $\Delta V_{x/y}$ [km/h] und a_m [m/s²] für die Gruppe „Personenwagen“ ($\Delta t > 0$ s)																						
Phase	QS	Vor- lauf	AGK _{ein}			Kontrollabschnitt				AGK _{aus}		Nach- lauf	Vorlauf		AGK _{ein}		Kontroll- abschnitt		AGK _{aus}		Fahrer- erkennung	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Delta V_{1/2}$	a_m	$\Delta V_{2/4}$	a_m	$\Delta V_{4/7}$	a_m	$\Delta V_{7/8}$	a_m	$\Delta V_{8/9}$	a_m	
Vorher	NS	115.0	102.0	100.0	99.0	100.0	101.0	103.0	113.0	115.0	116.0	-13.0	-0.15	-3.0	-0.08	4.0	0.02	10.0	0.40	2.0	0.18	
Nachher	NS	115.0	100.0	98.0	97.0	100.0	100.0	100.0	103.0	107.0	117.0	-15.0	-0.17	-3.0	-0.08	3.0	0.02	3.0	0.11	4.0	0.32	
Differenz	ΔV	0.0	2.0	2.0	2.0	0.0	1.0	3.0	10.0	8.0	-1.0											
Vorher	ÜS	122.0	107.0	105.0	102.0	103.0	103.0	109.0	121.0	124.0	122.0	-15.0	-0.18	-5.0	-0.14	7.0	0.04	12.0	0.51	3.0	0.28	
Nachher	ÜS	122.0	105.0	102.0	100.0	102.0	102.0	104.0	108.0	113.0	122.0	-17.0	-0.20	-5.0	-0.14	4.0	0.02	4.0	0.16	5.0	0.43	
Differenz	ΔV	0.0	2.0	3.0	2.0	1.0	1.0	5.0	13.0	11.0	0.0											

Tabelle 21: Vorher/Nachher-Vergleich der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten für die Gruppe der „Personenwagen“

Kommentar:

- Erwartungsgemäss nehmen die $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten entlang der Vorlaufstrecke stark ab. Die Differenzen zwischen Beginn und Ende der Vorlaufstrecke ($\Delta V_{1/2}$) betragen in der Vorher-Phase bereits 13 km/h auf dem NS bzw. 15 km/h auf dem ÜS und erhöhen sich in der Nachher-Phase um jeweils 2 km/h bei unveränderten Werten zu Beginn der Vorlaufstrecke.
- Während auf dem NS die bei QS 1 geltende zulässige Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h nicht überschritten wird, ist dies auf dem ÜS nicht der Fall. Hier wird die Limite in beiden Versuchsphasen mit 122 km/h leicht überschritten. Wie bereits bei den vorangegangenen Analysen festgestellt wurde, hat die AGK im Vorlauf auch auf die $V_{85\%}$ keinen Einfluss.
- Im Bereich des AGK Eintrittsportals (QS 2 bis QS 4) liegen die $V_{85\%}$ -Werte in der Nachher-Phase um 2 km/h (NS) bis 3 km/h (ÜS) absolut betrachtet zwar unter den Werten der Vorher-Phase, relativ gesehen hat sich die Geschwindigkeitsreduktion ($\Delta V_{2/4}$) mit 3 km/h auf dem NS bzw. 5 km/h auf dem ÜS zwischen den Versuchsphasen jedoch nicht verändert. Daraus lässt sich schliessen, dass das AGK Eintrittsportal zwar von den schnell fahrenden Verkehrsteilnehmern wahrgenommen wird, aber keine unerwünschten Reaktionen in Form von starken Verzögerungen hervorruft.
- Innerhalb des Kontrollabschnitts (QS 4 bis QS 7) haben sich die $V_{85\%}$ -Werte in der Nachher-Phase in den ersten beiden Streckendrittel um 1 bis 2 km/h reduziert. Die grössten Unterschiede treten – wie schon bei der Analyse der mittleren Geschwindigkeiten festgestellt – im letzten Drittel (QS 7) bzw. im Bereich des AGK Austrittsportals (QS 8 und QS 9) auf. Je nach Fahrstreifen liegen die $V_{85\%}$ -Werte in der Nachher-Phase um 10 bis 13 km/h tiefer. Die in der Vorher-Phase feststellbaren hohen Beschleunigungen unmittelbar nach dem Tunnelaustritt, haben sich in der Nachher-Phase nicht nur reduziert sondern auch um einen Messquerschnitt stromabwärts verlagert, nachdem das AGK Austrittsportal passiert wurde.
- Die geltende Geschwindigkeitslimite von 100 km/h im Kontrollabschnitt wurde bereits in der Vorher-Phase auf beiden Fahrstreifen – zumindest innerhalb der ersten beiden Drittel – gut eingehalten. Dies dürfte mit grosser Wahrscheinlichkeit auf die bereits bestehende Punkt-kontrolle beim Messquerschnitt QS 6 zurück zu führen sein.

5.2.2 Geschwindigkeitsübertretungen von Personenwagen

Die Veränderungen bei der Übertretungsquote der zulässigen Höchstgeschwindigkeit werden anhand der prozentualen Anteile mit $V > V_{\text{zulässig}}$ in den einzelnen Messquerschnitten – getrennt nach Fahrstreifen – analysiert. Zusätzlich wird auch der Anteil derjenigen Fahrzeuge ausgewiesen, welche besonders schnell fahren und die zulässige Höchstgeschwindigkeit um mehr als 10 km/h überschreiten.

Grundsätzlich gilt zu berücksichtigen, dass zwischen den beiden Versuchsphasen Vorher/Nachher der Standort des Signals „Freie Fahrt“ im Anschluss an den Arisdorftunnel von km 22.010 (AGK Austrittsportal) 100 m stromabwärts nach km 22.110 verlegt wurde (siehe ANHANG A). Diese Standortverlegung wurde im Zuge der Arbeiten an der AGK realisiert. Grund war jedoch, das Geschwindigkeitsniveau entlang der Abstellfläche für Servicefahrzeuge direkt nach dem Tunnellaustritt auf dem Niveau im Tunnel zu halten.

Der neue Signalstandort wurde so gewählt, dass die Signale „Freie Fahrt“ vom Tunnelportal her nicht mehr sichtbar sind. Das Ausgangsportal der AGK nach der Abstellfläche begünstigte die Wirkung zusätzlich. Aus Sicht der AGK war die Verschiebung erwünscht, wenn auch nicht notwendig. Die Fahrzeuge hätten zwar systembedingt erst wenige Meter nach dem Signal „Freie Fahrt“ den Kontrollabschnitt verlassen, was jedoch bei der Distanz anlässlich der Zulassung der Anlage berücksichtigt worden wäre. Somit betrug die zulässige Höchstgeschwindigkeit in der Vorher-Phase bereits in QS 8 120 km/h, während sie in der Nachher-Phase erst in QS 9 gilt.

Übertretungsquoten [%] der Gruppe „Personenwagen“													
Phase		QS	Vor- lauf	AGK _{ein}			Kontrollabschnitt				AGK _{aus}		Nach- lauf
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Vorher	Anteil > V _{zul}	NS	5.7%	19.0%	14.1%	9.7%	14.3%	16.1%	24.6%	3.7%	6.1%	6.6%	
Nachher	Anteil > V _{zul}	NS	6.3%	14.2%	8.0%	5.4%	10.7%	13.1%	13.0%	25.0%	0.7%	8.2%	
Relative Veränderung			10%	-25%	-43%	-44%	-26%	-19%	-47%	584%	-88%	24%	
Vorher	Anteil > V _{zul} +10 km/h	NS	1.1%	2.6%	1.5%	1.0%	0.8%	0.8%	2.4%	0.5%	0.9%	0.9%	
Nachher	Anteil > V _{zul} +10 km/h	NS	1.2%	1.6%	0.6%	0.4%	0.4%	0.5%	0.5%	2.8%	0.1%	1.1%	
Relative Veränderung			3%	-39%	-59%	-56%	-52%	-33%	-79%	416%	-86%	19%	
Vorher	Anteil > V _{zul}	ÜS	19.3%	40.0%	33.7%	22.8%	27.4%	26.3%	60.3%	15.8%	25.4%	17.9%	
Nachher	Anteil > V _{zul}	ÜS	20.0%	31.7%	19.9%	12.8%	21.9%	22.7%	36.7%	47.6%	3.0%	20.2%	
Relative Veränderung			4%	-21%	-41%	-44%	-20%	-14%	-39%	202%	-88%	13%	
Vorher	Anteil > V _{zul} +10 km/h	ÜS	3.8%	8.5%	5.4%	2.2%	1.7%	1.6%	10.8%	2.4%	4.2%	2.8%	
Nachher	Anteil > V _{zul} +10 km/h	ÜS	3.8%	5.2%	1.9%	0.7%	1.0%	1.1%	2.4%	8.9%	0.5%	3.1%	
Relative Veränderung			-2%	-38%	-65%	-70%	-39%	-33%	-77%	269%	-88%	9%	

Tabelle 22: Vorher/Nachher-Vergleich der Übertretungsquoten der Gruppe „Personenwagen“

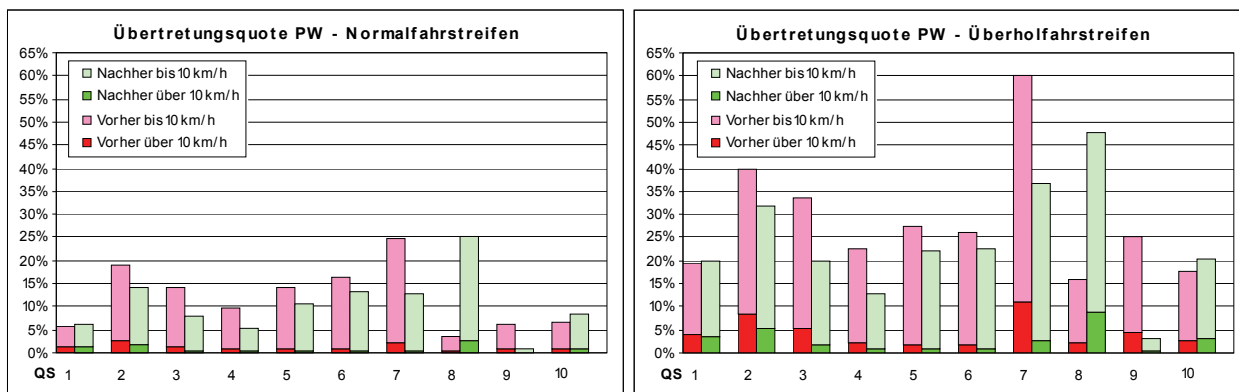


Abbildung 65: Vorher/Nachher-Vergleich der Übertretungsquoten der Gruppe „Personenwagen“ auf dem Normalfahrstreifen (links) und auf dem Überholfahrstreifen (rechts)

Kommentar:

- Unabhängig von der Versuchsphase Vorher/Nachher ist die Übertretungsquote von Personenwagen auf dem ÜS – bedingt durch das tendenziell höhere Geschwindigkeitsniveau – höher als auf dem NS. In Messquerschnitten mit einer Limite von 120 km/h ist die Übertretungsquote generell tiefer, als in Messquerschnitten mit einer Limite von 100 km/h. Dies betrifft die Messquerschnitte QS 1 (im Vorlauf) sowie QS 9 und QS 10 (im Nachlauf) und ausserdem auch QS 8 in der Nachher-Phase.
- Sowohl im Vorlauf (QS 1) als auch im Nachlauf (QS 10) ist der Anteil der Übertretungen auf beiden Fahrstreifen in der Nachher-Phase angestiegen. Im Vorlauf beträgt die Zunahme je nach Fahrstreifen zwischen 4% (auf dem ÜS) und 10% (auf dem NS), im Nachlauf bewegt sich die Zunahme zwischen 13% (auf dem ÜS) und 24% (auf dem NS). Diese Zunahmen müssen aber relativiert werden, da die absoluten Übertretungsquoten in beiden Messquerschnitten eher tief liegen.
- In der Vorher-Phase wurden die höchsten Übertretungsquoten in Messquerschnitt QS 7, unmittelbar nach dem Tunnelaustrittsportal registriert. Auf dem ÜS lag der Anteil der Übertretungen bei rund 60%, wobei jedes 10. Fahrzeug die Limite um mehr als 10 km/h überschritt. Auf dem NS war mit knapp 25% jedes 4. Fahrzeug zu schnell. In der Nachher-Phase wurden die höchsten Übertretungsquoten in Messquerschnitt QS 8 festgestellt – bedingt durch die Versetzung des Signals „Freie Fahrt“ um 100 m in Fahrtrichtung. Während auf dem NS in der Nachher-Phase in QS 8 mit rund 25% dieselbe Übertretungsquote wie in QS 7 in der Vorher-Phase registriert wird, hat sich auf dem ÜS die Quote von QS 7 mit 60% in der Vorher-Phase nach QS 8 in der Nachher-Phase mit knapp 48% leicht reduziert. Diese Reduktion auf dem ÜS im Quervergleich von QS 7 Vorher nach QS 8 Nachher gilt auch für den Anteil derjenigen Fahrzeuge, welche die Limite um mehr als 10 km/h überschreiten (von 10.8% auf 8.9%). Diese grundsätzlich hohen Übertretungsquoten im jeweils letzten Messquerschnitt vor dem Signal „Freie Fahrt“ dürfen jedoch nicht überbewertet werden. Ein Grossteil der Verkehrsteilnehmer beschleunigt bereits, wenn das Signal in 100 bis 150 m Entfernung in Sichtweite ist. Ausserdem liegt QS 8 bereits 50 m nach dem AGK Austrittsportal und unmittelbar vor dem Fahrererkennungssystem. Die hohen Übertretungsquoten in QS 8 in der Nachher-Phase lassen somit den Schluss zu, dass das Fahrererkennungssystem der AGK nicht mit einer herkömmlichen Punktkontrolle verwechselt wird.

- Im AGK Eintrittsbereich (QS 2 und QS 3) sowie innerhalb des Kontrollabschnitts (QS 4 bis QS 7) haben sich die Übertretungsquoten in der Nachher-Phase auf beiden Fahrstreifen – zum Teil deutlich – reduziert.

Im AGK Eintrittsbereich hat sich die Übertretungsquote auf dem NS von durchschnittlich 16.5% auf 11.1% um knapp ein Drittel reduziert, auf dem ÜS von durchschnittlich 36.9% auf 25.8% um 30%. Der Anteil der Fahrzeuge, die um mehr als 10 km/h über der Limite liegen, ist noch deutlicher zurück gegangen. Bei diesen reduzierte sich die Quote auf dem NS von durchschnittlich 2.1% auf 1.1% um rund 48%, auf dem ÜS von durchschnittlich 7% auf 3.6% um rund 49% (Die Angaben beziehen sich jeweils auf die Mittelwerte von QS 2 und 3). Innerhalb des Kontrollabschnitts ist die Übertretungsquote auf dem NS von durchschnittlich 16.2% auf 10.6% um rund 35% zurück gegangen, auf dem ÜS von durchschnittlich 34.2% auf 23.5% um rund 31%. Der Anteil der Fahrzeuge, die um mehr als 10 km/h über der Limite liegen, ist noch deutlicher zurück gegangen. Bei diesen reduzierte sich die Quote auf dem NS von durchschnittlich 1.25% auf 0.45% um 64%, auf dem ÜS von durchschnittlich 4.1% auf 1.3% um rund 68% (Die Angaben beziehen sich jeweils auf die Mittelwerte von QS 4 bis 7).

5.3 Lastwagen

5.3.1 Geschwindigkeitsverhalten von Lastwagen

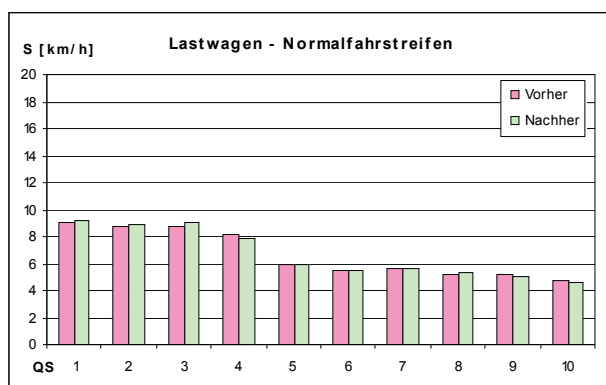
Der folgende Abschnitt behandelt die Veränderungen im Geschwindigkeitsverhalten der Fahrzeuggruppe „Lastwagen“ (LW). Neben den Lastwagen sind in dieser Gruppe auch die Lastenzüge (Lastwagen mit Anhänger) sowie Sattelschlepper enthalten. Für diese Fahrzeuggruppe gilt auf Autobahnen eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h. Die dargestellten Messergebnisse basieren auf den Angaben in ANHANG B.4. Im Gegensatz zu den vorherigen Auswertungen für „Alle Fz“ und „PW“ werden die Auswertungen für die Fahrzeuggruppe „LW“ ausschliesslich für den Normalfahrstreifen (NS) dargestellt. Einerseits gilt i.d.R. innerhalb des Kontrollabschnitts bzw. im Arisdorftunnel zu den Hauptverkehrszeiten morgens und abends ein dynamisches Überholverbot für schwere Motorfahrzeuge, andererseits steht die Stichprobengrösse von LW auf dem ÜS in keinem Verhältnis zur derjenigen auf dem NS, weshalb ein Vergleich zwischen NS und ÜS wenig Aussagekraft hätte⁵⁴.

Die Veränderungen der Geschwindigkeitsverteilung für die Gruppe der Lastwagen werden in den einzelnen Querschnitten (QS i) auf Grund der Standardabweichungen (S) untersucht. Die folgenden Tabellen zeigen jeweils eine Gegenüberstellung der Ergebnisse für die „Vorher-“ und „Nachher-Phase“ für die Gruppe der Lastwagen. Im rechten Teil der Tabellen sind wiederum die Mittelwerte von S für bestimmte Teilabschnitte angegeben. Die Spalte „2/3“ enthält die Mittelwerte für den Eintrittsbereich der AGK, die Spalte 8/9 jene für den Austrittsbereich der AGK mit dem zwischen den beiden Querschnitten liegenden Fahrererkennungssystem. Die Spalten „4/5“, „5/6“ und „6/7“ schliesslich enthalten die Mittelwerte für das erste, zweite und dritte Drittel des Kontrollabschnitts und dienen zur Überprüfung allfälliger Kompensationseffekte. Die Tabellen zeigen jeweils nur die Ergebnisse für den Normalfahrstreifen (NS).

⁵⁴ Innerhalb des Kontrollabschnitts benutzen durchschnittlich nur rund 1.5% aller LW den Überholfahrstreifen.

5.3.1.1 Geschwindigkeitsverteilung der Gruppe „Lastwagen“

Standardabweichung S [km/h] für die Gruppe „Lastwagen“ ($\Delta t > 0$ s)																	
Phase	QS	Vor- lauf	AGK _{ein}			Kontrollabschnitt				AGK _{aus}		Nach- lauf	Mittelwerte				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	2/3	4/5	5/6	6/7	8/9	
Vorher	NS	9.0	8.7	8.7	8.2	5.9	5.5	5.7	5.2	5.2	4.7	8.7	7.7	5.7	5.6	5.2	
Nachher	NS	9.2	8.8	9.1	7.9	5.9	5.5	5.6	5.3	5.1	4.5	8.9	7.5	5.7	5.6	5.2	
Differenz	ΔS	-0.2	-0.1	-0.4	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	-0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	

Tabelle 23: Vorher/Nachher-Vergleich der Standardabweichungen für die Gruppe „Lastwagen“**Abbildung 66: Veränderung der Standardabweichungen für die Gruppe der „Lastwagen“ auf dem Normalfahrstreifen****Kommentar:**

- Unabhängig von der Versuchsphase (Vorher/Nachher) nehmen die Standardabweichungen für die Gruppe der „Lastwagen“ entlang des Pilotabschnitts ab, wobei die grösste Abnahme zwischen dem Messquerschnitt QS 4 (Tunnelportal Nord) und QS 5 beobachtet werden kann.
- Bedingt durch die vertikale Linienführung sind die Standardabweichungen im Vorlauf (QS 1) bis zum Beginn des Kontrollabschnitts (QS 3 und QS 4) naturgemäss grösser (Steigungsstrecke) als in den nachfolgenden Messquerschnitten (Kuppenausrundung und anschliessende Gefällsstrecke).
Dies wird durch den Vergleich der Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen den schnellen Lastwagen (charakterisiert durch die $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten) und den langsamen, in der Regel beladenen Lastwagen (charakterisiert durch die $V_{15\%}$ -Geschwindigkeiten) bestätigt. Während die $V_{85\%}$ -Werte entlang der Strecke in etwa auf demselben Niveau verweilen, nehmen die $V_{15\%}$ -Werte entlang der Strecke kontinuierlich zu. Die Folge ist ein Rückgang der Geschwindigkeitsdifferenzen⁵⁵ und daher auch der Standardabweichungen, welcher unabhängig von der Versuchsphase zu beobachten ist.
- Im Vorher/Nachher-Vergleich auffallend sind grundsätzlich die äusserst geringen bis gar keinen Unterschiede der Standardabweichungen für die Gruppe der „Lastwagen“. Während im Vorlauf (QS 1) bis zum AGK Eintrittsportal (QS 3) in der Nachher-Phase sogar leichte Zunahmen bei den Standardabweichungen resultieren (0.1 – 0.4 km/h), zeigen sich innerhalb des Kontrollabschnitts – mit Ausnahme von QS 4 (Tunnelportal) – sowie im AGK Austrittsportal und im Nachlauf praktisch keine Unterschiede zwischen der Vorher- und der Nachher-Phase.

⁵⁵ Im Bereich QS 1 bis QS 4 liegen die Geschwindigkeitsunterschiede zwischen $V_{85\%}$ und $V_{15\%}$ je nach Querschnitt zwischen 17 und 19 km/h (Steigung), anschliessend reduzieren sich die Differenzen auf 9 bis 11 km/h (Gefälle).

Somit hat die AGK – im Gegensatz zur vertikalen Linienführung – auf die Geschwindigkeitsverteilungen der Gruppe „Lastwagen“ keinen erkennbaren Einfluss.

5.3.1.2 Geschwindigkeitsverlauf der Gruppe „Lastwagen“

Die Veränderungen im Geschwindigkeitsverlauf für Fahrzeuge der Gruppe „Lastwagen“ werden wiederum auf Grund der Geschwindigkeitsdifferenzen (ΔV) zwischen ausgewählten Messquerschnitten und den daraus resultierenden mittleren Beschleunigungen (a_m) untersucht. In einem weiteren Schritt wird auf die Beeinflussung der schnell fahrenden Lastwagen ($V_{85\%}$) eingegangen.

Die Abbildung 67 zeigt den Geschwindigkeitsverlauf für Fahrzeuge der Gruppe „Lastwagen“ im Vorher/Nachher-Vergleich. Dargestellt sind die V_m und die $V_{85\%}$ für den Normalfahrstreifen (NS).

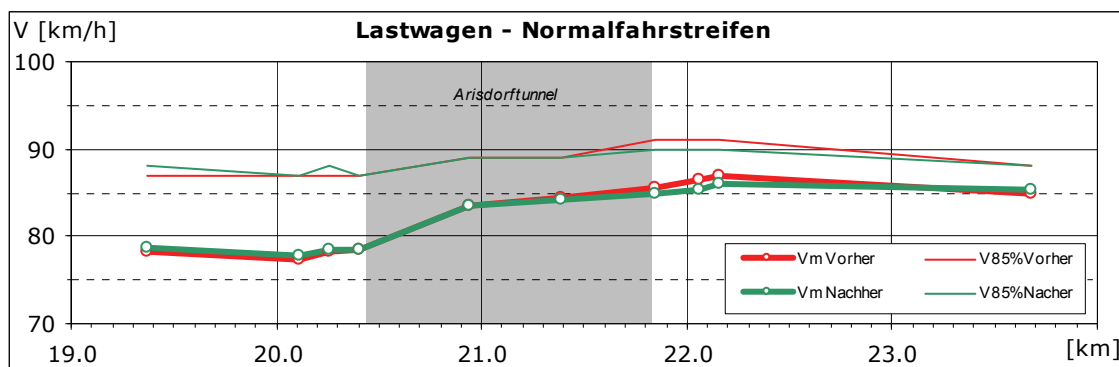


Abbildung 67: Vorher/Nachher-Vergleich des Geschwindigkeitsverlaufs für die Gruppe der „Lastwagen“ auf dem Normalfahrstreifen

Sowohl in der Vorher- als auch in der Nachher-Phase zeichnet sich der Geschwindigkeitsverlauf von Lastwagen auf dem Normalfahrstreifen durch eine gemächliche Verlangsamung innerhalb der Vorlaufstrecke aus (QS 1 nach QS 2). Die $V_{85\%}$ -Werte auf dem NS liegen in der Vorlaufstrecke rund 9 km/h über der V_m .

Im Gegensatz zu den bisher gezeigten Auswertungen für „alle Fz“ sowie „PW“, wo eine weitere Verlangsamung bis zum Tunnelportal beobachtet werden konnte, steigen die mittleren Geschwindigkeiten bei den Lastwagen schon im Bereich des AGK Eintrittsportals wieder leicht an.

Innerhalb des Kontrollabschnitts steigen die Geschwindigkeiten unabhängig von der Versuchsphase im ersten Drittel des Kontrollabschnitts stark an. Dieser Anstieg setzt sich deutlich weniger ausgeprägt im zweiten und dritten Drittel fort, wobei erst im letzten Drittel zwischen den beiden Versuchsphasen ein geringer Unterschied feststellbar ist (geringfügig tiefere Geschwindigkeiten in der Nachher-Phase). Dieser geringfügige Rückgang der Geschwindigkeiten in der Nachher-Phase setzt sich auch im Bereich des AGK Austrittsportals und dem anschliessenden Fahrererkennungssystem fort.

Die folgende Tabelle zeigt die Veränderungen der mittleren Geschwindigkeiten im Vorher-/Nachher-Vergleich.

Mittlere Geschwindigkeit V_m [km/h], $\Delta V_{x/y}$ [km/h] und a_m [m/s ²] für die Gruppe „Lastwagen“ ($\Delta t > 0$ s)																						
Phase	QS	Vor- lauf	AGK _{ein}			Kontrollabschnitt				AGK _{aus}		Nach- lauf	Vorlauf		AGK _{ein}		Kontroll- abschnitt		AGK _{aus}		Fahrer- erkennung	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Delta V_{1/2}$	a_m	$\Delta V_{2/4}$	a_m	$\Delta V_{4/7}$	a_m	$\Delta V_{7/8}$	a_m	$\Delta V_{8/9}$	a_m	
Vorher	NS	78.2	77.4	78.2	78.5	83.6	84.5	85.6	86.6	86.8	84.9	-0.8	-0.01	1.1	0.02	7.1	0.03	1.0	0.03	0.2	0.02	
Nachher	NS	78.8	77.7	78.4	78.5	83.4	84.2	85.0	85.4	85.9	85.4	-1.1	-0.01	0.8	0.02	6.5	0.03	0.5	0.01	0.5	0.03	
Differenz	ΔV	-0.6	-0.3	-0.2	0.0	0.2	0.4	0.7	1.2	0.9	-0.5											

Tabelle 24: Vorher/Nachher-Vergleich der mittleren Geschwindigkeiten auf dem Normalfahrstreifen für die Gruppe der „Lastwagen“

Kommentar:

- Auf dem NS liegt die mittlere Geschwindigkeit zu Beginn der Vorlaufstrecke (QS 1) sowie im Bereich des AGK Eintrittsportals (QS 2 und QS 3) in der Nachher-Phase geringfügig über derjenigen der Vorher-Phase (0.2 – 0.6 km/h), wobei die Verzögerungswerte in diesem Abschnitt bei beiden Versuchs-Phasen identisch sind.
- Zu Beginn des Kontrollabschnitts (QS 4) wurden in der Nachher-Phase dieselben Geschwindigkeiten gemessen wie in der Vorher-Phase. Erst im weiteren Verlauf des Kontrollabschnitts liegen die mittleren Geschwindigkeiten in der Nachher-Phase geringfügig unter den Werten der Vorher-Phase, wobei die Differenzen Vorher/Nachher mit zunehmender Distanz leicht grösser werden.
- Die grössten Unterschiede im Vorher-/Nachher-Vergleich resultieren im AGK Austrittsbereich sowie beim anschliessenden Fahrererkennungssystem. Die mittleren Geschwindigkeiten liegen in der Nachher-Phase um 0.9 bis 1.2 km/h tiefer. Auf die Beschleunigungswerte haben diese geringfügigen Differenzen praktisch jedoch keinen Einfluss.
- Wie im Vorlauf liegt auch im Nachlauf die mittlere Geschwindigkeit der Lastwagen in der Nachher-Phase geringfügig über dem Wert der Vorher-Phase. Der Unterschied ist mit 0.5 km/h jedoch marginal.
- Abschliessend lässt sich festhalten, dass die AGK praktisch keinen nennenswerten Einfluss auf die mittleren Geschwindigkeiten von Lastwagen ausübt. Die Unterschiede der mittleren Geschwindigkeiten zwischen den beiden Versuchsphasen sind minimal. Tendenziell wurden im Vor- und Nachlauf sowie beim AGK Eintrittsportal leicht höhere, innerhalb des Kontrollabschnitts und beim AGK Austrittsportale geringfügig tiefere Werte registriert.

Einfluss auf schnell fahrende Lastwagen

Anhand der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten der Gruppe „Lastwagen“ auf dem Normalfahrstreifen wird der Einfluss der AGK auf die schnell fahrenden Lastwagen analysiert.

$V_{85\%}$ Geschwindigkeit [km/h], $\Delta V_{x/y}$ [km/h] und a_m [m/s²] für die Gruppe „Lastwagen“ ($\Delta t > 0$ s)																						
		Vor- lauf	AGK _{ein}			Kontrollabschnitt				AGK _{aus}		Nach- lauf	Vorlauf		AGK _{ein}		Kontroll- abschnitt		AGK _{aus}		Fahrer- erkennung	
Phase	QS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Delta V_{1/2}$	a_m	$\Delta V_{2/4}$	a_m	$\Delta V_{4/7}$	a_m	$\Delta V_{7/8}$	a_m	$\Delta V_{8/9}$	a_m	
Vorher	NS	87.0	87.0	87.0	87.0	89.0	89.0	91.0	91.0	91.0	88.0	0.0	0.00	0.0	0.00	4.0	0.02	0.0	0.00	0.0	0.00	
Nachher	NS	88.0	87.0	88.0	87.0	89.0	89.0	90.0	90.0	90.0	88.0	-1.0	-0.01	0.0	0.00	3.0	0.01	0.0	0.00	0.0	0.00	
Differenz	ΔV	-1.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0											

Tabelle 25: Vorher/Nachher-Vergleich der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten auf dem Normalfahrstreifen für die Gruppe der „Lastwagen“

Kommentar:

- Entlang der Vorlaufstrecke bis zum Tunnelportal Nord (QS 1 bis QS 4) bleiben die $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten in beiden Versuchsphasen praktisch konstant und liegen um 7 bis 8 km/h über der zulässigen Geschwindigkeit von 80 km/h für schwere Motorfahrzeuge.
- Innerhalb des Kontrollabschnitts steigen die $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten in beiden Versuchsphasen an, wobei innerhalb der ersten zwei Drittel des Kontrollabschnitts identische Werte erreicht werden. Wie schon bei den mittleren Geschwindigkeiten festgestellt, lassen sich geringfügige Unterschiede erst im AGK Austrittsbereich erkennen. Hier haben sich die $V_{85\%}$ -Messwerte um 1 km/h auf 90 km/h reduziert, womit die zulässige Höchstgeschwindigkeit aber immer noch deutlich um 10 km/h überschritten wird.
- Im Nachlauf (QS 10) zeigen sich im Vorher/Nachher-Vergleich ebenfalls keine Unterschiede.
- Somit hat die AGK auch auf die $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten der Lastwagen keinen Einfluss.

5.3.2 Geschwindigkeitsübertretungen von Lastwagen

Die Veränderungen bei der Übertretungsquote der zulässigen Höchstgeschwindigkeit für schwere Motorfahrzeuge auf Autobahnen werden anhand der prozentualen Anteile mit $V > V_{\text{zulässig}}$ in den einzelnen Messquerschnitten – ausschliesslich für den Normalfahrstreifen – analysiert. Zusätzlich wird auch der Anteil derjenigen Lastwagen ausgewiesen, welche besonders schnell fahren und die zulässige Höchstgeschwindigkeit um mehr als 10 km/h überschreiten.

Da für schwere Motorfahrzeuge auf Autobahnen eine generelle Limite von 80 km/h gilt, hat die Standortverlegung des Signals „Freie Fahrt“ um 100 m stromabwärts zwischen den beiden Versuchsphasen Vorher/Nachher keine Relevanz für die Fahrzeuggruppe „Lastwagen“.

Übertretungsquoten [%] der Gruppe „Lastwagen“													
Phase		QS	Vor- lauf	AGK _{ein}			Kontrollabschnitt				AGK _{aus}		Nach- lauf
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Vorher	Anteil > V _{zul}	NS	45.0%	40.4%	42.6%	43.3%	72.3%	78.8%	84.1%	89.8%	90.9%	86.3%	
Nachher	Anteil > V _{zul}	NS	47.0%	41.0%	42.7%	41.4%	71.1%	76.2%	81.0%	84.6%	88.1%	89.1%	
Relative Veränderung			4%	1%	0%	-4%	-2%	-3%	-4%	-6%	-3%	3%	
Vorher	Anteil > V _{zul} +10 km/h	NS	3.6%	2.2%	4.1%	3.5%	7.0%	9.9%	15.4%	17.3%	18.3%	3.6%	
Nachher	Anteil > V _{zul} +10 km/h	NS	3.8%	2.3%	5.3%	3.2%	7.1%	9.2%	12.7%	12.5%	13.0%	3.9%	
Relative Veränderung			7%	6%	28%	-8%	1%	-7%	-18%	-28%	-29%	9%	

Tabelle 26: Vorher/Nachher-Vergleich der Übertretungsquoten der Gruppe „Lastwagen“ auf dem Normalfahrstreifen

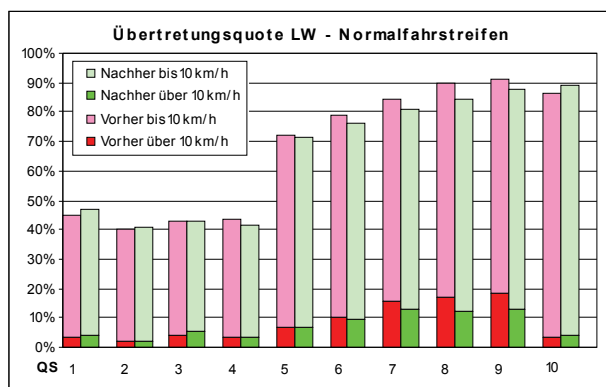


Abbildung 68: Vorher/Nachher-Vergleich der Übertretungsquoten der Gruppe „Lastwagen“ auf dem Normalfahrstreifen

Kommentar:

- Bedingt durch die vertikale Linienführung ist die Übertretungsquote auf dem NS in den ersten vier Messquerschnitten (in der Steigung) unabhängig von der Versuchsphase in etwa halb so hoch wie in den anschliessenden Messquerschnitten (im Gefälle).
- Sowohl im Vorlauf (QS 1 und QS 2) als auch im Nachlauf (QS 10) ist der Anteil der Übertretungen in der Nachher-Phase leicht angestiegen. Im Vorlauf beträgt die Zunahme je nach Querschnitt 1% bis 4%, im Nachlauf 3%. Beim AGK Eintrittsportals (QS 3) haben sich die Übertretungsquoten zwischen den beiden Versuchs-Phasen hingegen nicht verändert. In der Nachher-Phase liegt der Anteil der Übertretungen im Vorlauf bei 47%, im Bereich des AGK Eintrittsportals bei rund 42%. Damit wird die zulässige Höchstgeschwindigkeit von beinahe jedem zweiten Lastwagen überschritten. Der Anteil der Lastwagen, welcher die zulässige Limite um mehr als 10 km/h überschritt, ist in der Nachher-Phase im Vorlauf um durchschnittlich 3% angestiegen (Mittelwert aus QS 1 und QS 2). Im Bereich des AGK Eintrittsportals (QS 3) erhöhte sich dieser Anteil von 4.1% (Vorher) auf 5.3% (Nachher) um 28%.
- Innerhalb des Kontrollabschnitts sowie im Bereich des AGK Austrittsportals und dem Fahrererkennungssystem haben sich die Übertretungsquoten der Lastwagen in der Nachher-Phase etwas reduziert. Dennoch wird die zulässige Höchstgeschwindigkeit, je nach Querschnitt, von 71% bis 88% aller Lastwagen überschritten. Für die erwähnte Reduktion verantwortlich ist hauptsächlich der Rückgang bei den Übertretungen um mehr als 10 km/h, und zwar um 7% bis 18% im letzten Drittel des Kontrollabschnitts und noch deutlicher im Bereich des AGK

Austrittsportals, wo ein Rückgang um rund 28% beobachtet werden konnte, während sich der Anteil der Übertretungen bis 10 km/h praktisch nicht veränderte.

- Diese nach wie vor hohen Übertretungsquoten bei den Lastwagen mögen auf den ersten Blick erstaunen, lassen sich aber relativ einfach erklären. Die AGK ist momentan so eingestellt, dass ein Geschwindigkeitsverstoss erst bei Erreichen der zweiten Ordnungsbussenstufe (6 bis 10 km/h über der Limite) unter Berücksichtigung des gesetzlich vorgeschriebenen Sicherheitsabzugs⁵⁶ von 5 km/h (bei Messwerten bis 100 km/h) geahndet wird. Somit werden momentan nur diejenigen Lastwagen „geblitzt“, welche im Kontrollabschnitt eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 91 km/h oder mehr erreichen. Dies erklärt auch, weshalb die beobachtete Abnahme der Übertretungsquoten vor allem auf den Rückgang bei den um mehr als 10 km/h zu schnell fahrenden Lastwagen zurück geführt werden kann.

5.4 Personenwagen mit Anhänger

5.4.1 Geschwindigkeitsverhalten von Personenwagen mit Anhänger

Der folgende Abschnitt behandelt die Auswirkungen der AGK auf das Geschwindigkeitsverhalten von Fahrzeugen der Gruppe „Personenwagen mit Anhänger“. Diese Gruppe setzt sich zusammen aus Personen- und Lieferwagen mit Anhänger sowie Lieferwagen mit Auflieger. Für diese Fahrzeuggruppe gilt auf Autobahnen eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h. Die Messergebnisse basieren auf den Angaben in ANHANG B.3 und werden analog zu den Auswertungen für alle Fahrzeuge getrennt für den Normalfahrstreifen (NS) und den Überholfahrstreifen (ÜS) dargestellt⁵⁷.

Die Veränderungen der Geschwindigkeitsverteilung für die Fahrzeuggruppe „Personenwagen mit Anhänger“ werden in den einzelnen Querschnitten (QS i) auf Grund der Standardabweichungen (S) untersucht. Dabei ist zu erwähnen, dass über den gesamten Erhebungszeitraum der Zählstellencontroller CH552, an welchem die Messquerschnitte QS 3 und QS 4 angebunden sind, leichte Motorfahrzeuge mit Anhänger nicht korrekt zu klassifizieren vermochte. Aus diesem Grund stehen für diese Fahrzeuggruppe in den beiden Messquerschnitten keine Messergebnisse zur Verfügung.

Die folgenden Tabellen zeigen jeweils eine Gegenüberstellung der Ergebnisse für die „Vorher-“ und „Nachher-Phase“ für die Fahrzeuggruppe „Personenwagen mit Anhänger“. Der obere Teil der Tabellen zeigt die Ergebnisse für den Normalfahrstreifen (NS), der untere Teil jene für den Überholfahrstreifen (ÜS).

⁵⁶ Gemäss Verordnung des ASTRA zur Strassenverkehrskontrollverordnung (VSKV) beträgt bei AGK der Sicherheitsabzug 5 km/h bei einem Messwert bis 100 km/h bzw. 6 km/h bei einem Messwert von 101–150 km/h bzw. 7 km/h bei einem Messwert ab 151 km/h. Die Höhe des Sicherheitsabzugs ist damit identisch mit denjenigen von stationären Punktkontrollen mit Radarsensoren oder Schwellendetektoren, obwohl die „Messungenauigkeit“ von AGK deutlich weniger als 1 km/h beträgt.

⁵⁷ Innerhalb des Kontrollabschnitts benutzen durchschnittlich rund 4% aller leichten Motorfahrzeuge mit Anhänger den Überholfahrstreifen.

5.4.1.1 Geschwindigkeitsverteilung der Gruppe „Personenwagen mit Anhänger“

Standardabweichung S [km/h] für die Gruppe „Personenwagen mit Anhänger“ ($\Delta t > 0$ s)																	
Phase	QS	Vor- lauf	AGK _{ein}			Kontrollabschnitt				AGK _{aus}		Nach- lauf	Mittelwerte				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	2/3	4/5	5/6	6/7	8/9	
Vorher	NS	9.5	9.1	-	-	6.6	6.2	6.3	6.6	6.7	7.2	-	-	6.4	6.3	6.6	
Nachher	NS	9.2	8.7	-	-	6.2	6.0	6.0	6.2	6.0	6.8	-	-	6.1	6.0	6.1	
Differenz	ΔS	0.3	0.4	-	-	0.4	0.2	0.3	0.4	0.7	0.4	-	-	0.3	0.3	0.5	
Vorher	ÜS	11.0	9.4	-	-	9.4	9.4	10.4	9.3	9.7	10.0	-	-	9.4	9.9	9.5	
Nachher	ÜS	11.1	9.6	-	-	9.8	9.1	9.5	8.8	8.5	10.6	-	-	9.5	9.3	8.7	
Differenz	ΔS	-0.1	-0.2	-	-	-0.4	0.3	0.9	0.5	1.2	-0.6	-	-	-0.1	0.6	0.8	

Tabelle 27: Vorher/Nachher-Vergleich der Standardabweichungen für die Gruppe „Personenwagen mit Anhänger“

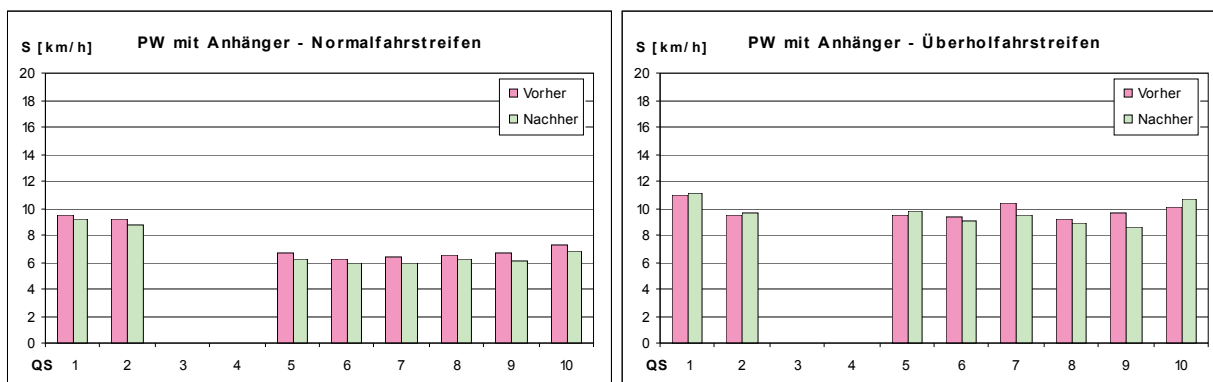


Abbildung 69: Veränderung der Standardabweichungen für die Gruppe der „Personenwagen mit Anhänger“ auf dem Normalfahrstreifen (links) und auf dem Überholfahrstreifen (rechts)

Kommentar:

- Unabhängig vom Fahrstreifen (NS/ÜS) und Versuchsphase (Vorher/Nachher) reduzieren sich die Standardabweichungen der Fahrzeuggruppe „Personenwagen mit Anhänger“ bis zum Messquerschnitt QS 6 (im Bereich der bestehenden Punktkontrolle) geringfügig.
- Während sich die Standardabweichungen auf dem Normalfahrstreifen nach dem Messquerschnitt QS 6 in der Vorher-Phase tendenziell wieder leicht erhöhen, bleibt die Standardabweichung auf dem Normalfahrstreifen in der Nachher-Phase bis nach dem Fahrererkennungssystem (QS 9) konstant niedrig und erhöht sich erst im Nachlauf (QS 10) geringfügig.
- Auf dem Überholfahrstreifen lässt sich hingegen für beide Versuchs-Phasen keine derartige Tendenz nach dem Messquerschnitt QS 6 erkennen. In QS 7 (Tunnelaustrittsportal) liegen die Standardabweichungen wieder leicht höher und reduzieren sich bereits wieder im folgenden Messquerschnitt QS 8. Nach dem Fahrererkennungssystem (QS 9) zeigen sich auf dem ÜS im Vorher-/Nachher-Vergleich die grössten Unterschiede in der Standardabweichung. Während in der Vorher-Phase von QS 8 nach QS 9 ein leichter Anstieg zu verzeichnen war, ist in der Nachher-Phase ein leichter Rückgang festzustellen. Dagegen haben sich die Standardabweichungen auf dem ÜS im Nachlauf (QS 10) erhöht.

- Über alle Messquerschnitte betrachtet sind auf dem NS die Geschwindigkeitsverteilungen der Fahrzeuggruppe „Personenwagen mit Anhänger“ in der Nachher-Phase homogener geworden. Auf dem ÜS hingegen, welcher im Durchschnitt aber nur von rund 4% dieser Fahrzeuggruppe benutzt wird, sind die Geschwindigkeitsverteilungen sowohl im Vorlauf als auch im Nachlauf sowie in der ersten Hälfte des Kontrollabschnitts etwas inhomogener geworden, eine leichte Verbesserung lässt sich aber ab der zweiten Hälfte des Kontrollabschnitts bis nach dem Fahrererkennungssystem auch auf dem ÜS feststellen.

5.4.1.2 Geschwindigkeitsverlauf der Gruppe „Personenwagen mit Anhänger“

Die Veränderungen im Geschwindigkeitsverlauf der Fahrzeuggruppe „Personenwagen mit Anhänger“ werden wiederum auf Grund der Geschwindigkeitsdifferenzen (ΔV) zwischen ausgewählten Messquerschnitten und den daraus resultierenden mittleren Beschleunigungen (a_m) untersucht. In einem weiteren Schritt wird auf die Beeinflussung der schnell fahrenden „Personenwagen mit Anhänger“ ($V_{85\%}$) eingegangen.

Die Abbildung 70 zeigt die Geschwindigkeitsverläufe dieser Fahrzeuggruppe im Vorher-/ Nachher-Vergleich. Dargestellt sind wiederum die V_m und die $V_{85\%}$ für den NS und den ÜS.

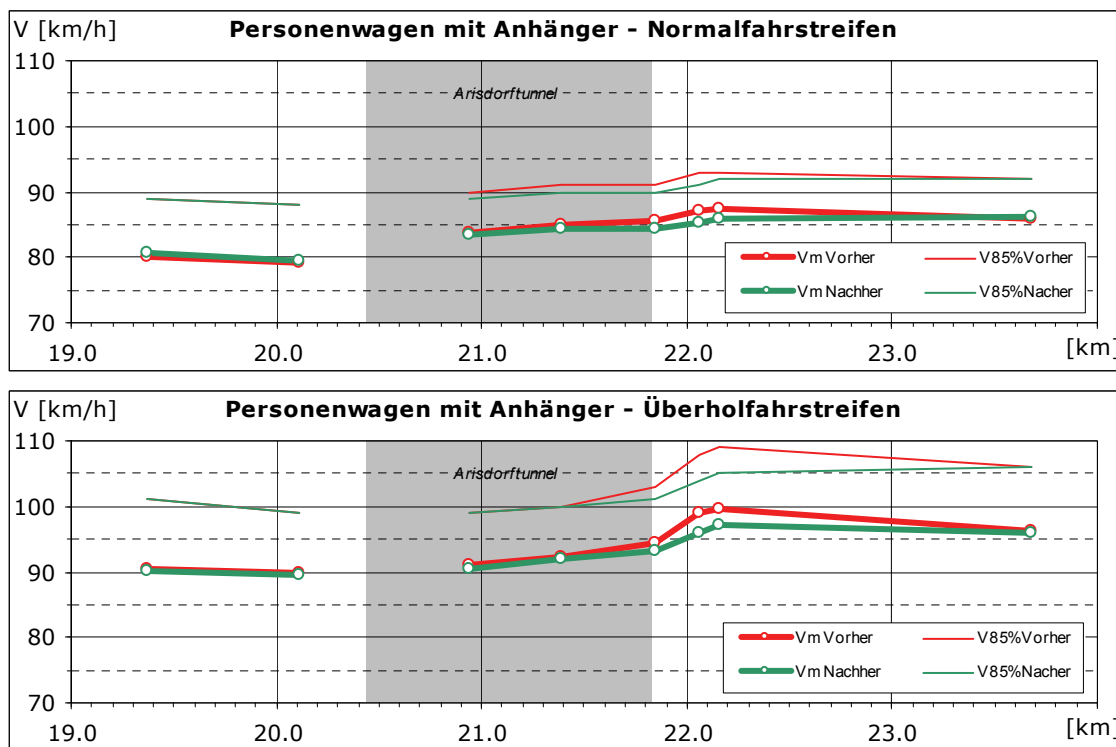


Abbildung 70: Vorher/Nachher-Vergleich der Geschwindigkeitsverläufe für die Gruppe der „Personenwagen mit Anhänger“ auf dem Normalfahrstreifen (oben) und auf dem Überholfahrstreifen (unten)

Im Bereich der Vorlaufstrecke (QS 1 nach QS 2) zeichnen sich die Verläufe beider Fahrstreifen durch eine geringfügige Verlangsamung aus. Die mittleren Geschwindigkeiten V_m auf dem ÜS liegen in der Vorlaufstrecke (QS 1), unabhängig von der Versuchsphase, ca. 10 km/h höher als auf dem NS. Innerhalb des Kontrollabschnitts reduziert sich dieser Unterschied auf ca. 7 km/h (QS 5). Die $V_{85\%}$ -Werte liegen in der Vorlaufstrecke auf dem NS rund 9 km/h bzw. auf dem ÜS rund 11 km/h über der V_m .

Innerhalb des Kontrollabschnitts haben sich die Geschwindigkeiten im ersten Drittel des Kontrollabschnitts gegenüber dem Vorlauf bereits wieder erhöht. Auf dem NS fällt der Anstieg in diesem Bereich jedoch deutlich grösser aus als auf dem ÜS, wobei das Geschwindigkeitsniveau auf dem ÜS aber auch um 7 km/h höher liegt. Auch im zweiten Drittel des Kontrollabschnitts steigen die Geschwindigkeiten unabhängig vom Fahrstreifen (NS/ÜS) und Versuchs-Phase (Vorher/Nachher) weiter an.

Unterschiede zwischen den beiden Versuchsphasen lassen sich wiederum erst im letzten Drittel des Kontrollabschnitts sowie im AGK Austrittsportal mit dem Fahrererkennungssystem feststellen. Während in der Vorher-Phase auf beiden Fahrstreifen die Geschwindigkeiten im letzten Drittel mehr oder weniger konstant weiter ansteigen, verharren die Geschwindigkeiten in der Nachher-Phase auf dem NS und auf dem ÜS reduziert sich die Zunahme in etwa um die Hälfte. Im Bereich des AGK Austrittsportals hat sich der Geschwindigkeitsanstieg auf beiden Fahrstreifen in der Nachher-Phase deutlich abgeschwächt.

Anhand der nachfolgenden Tabelle werden die Auswirkungen der AGK auf die mittleren Geschwindigkeiten im Vorher-/Nachher-Vergleich beurteilt. Die Tabelle ist ähnlich aufgebaut wie diejenige zu den Geschwindigkeitsverteilungen, wobei im rechten Teil nun die Geschwindigkeitsunterschiede zwischen ausgewählten Querschnitten ($\Delta V_{x/y}$) und die entsprechenden mittleren Werte (a_m) der Beschleunigungen (+) bzw. Verzögerungen (–) angegeben sind. Auf Grund der bereits erwähnten Fehlklassifizierungen in den Messquerschnitten QS 3 und QS 4 wurde die Tabelle leicht angepasst ($\Delta V_{5/7}$ anstatt $\Delta V_{4/7}$).

Mittlere Geschwindigkeit V_m [km/h], $\Delta V_{x/y}$ [km/h] und a_m [m/s ²] für die Gruppe „Personenwagen mit Anhänger“ ($\Delta t > 0$ s)																						
Phase	QS	Vor- lauf	AGK _{ein}			Kontrollabschnitt				AGK _{aus}		Nach- lauf	Vorlauf		AGK _{ein}		Kontroll- abschnitt		AGK _{aus}		Fahrer- erkennung	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Delta V_{1/2}$	a_m	$\Delta V_{2/4}$	a_m	$\Delta V_{5/7}$	a_m	$\Delta V_{7/8}$	a_m	$\Delta V_{8/9}$	a_m	
Vorher	NS	80.0	79.1	-	-	83.8	84.9	85.5	87.0	87.4	85.8	-0.8	-0.01	-	-	1.7	0.01	1.5	0.05	0.4	0.03	
Nachher	NS	80.7	79.4	-	-	83.3	84.3	84.4	85.2	86.0	86.1	-1.3	-0.01	-	-	1.1	0.01	0.8	0.02	0.7	0.05	
Differenz	ΔV	-0.7	-0.3	-	-	0.5	0.6	1.1	1.8	1.4	-0.3											
Vorher	ÜS	90.3	89.9	-	-	91.1	92.3	94.4	98.9	99.6	96.2	-0.4	0.00	-	-	3.3	0.03	4.5	0.16	0.7	0.06	
Nachher	ÜS	90.3	89.6	-	-	90.5	92.1	93.2	96.1	97.0	95.9	-0.6	-0.01	-	-	2.7	0.02	2.8	0.10	1.0	0.07	
Differenz	ΔV	0.0	0.3	-	-	0.6	0.2	1.2	2.8	2.6	0.3											

Tabelle 28: Vorher/Nachher-Vergleich der mittleren Geschwindigkeiten für die Gruppe der „Personenwagen mit Anhänger“

Kommentar:

- Während auf dem NS die mittlere Geschwindigkeit zu Beginn der Vorlaufstrecke (QS 1) und kurz vor dem AGK Eintrittsportal in der Nachher-Phase leicht über derjenigen der Vorher-Phase liegt (0.7 bzw. 0.3 km/h), hat sich die V_m auf dem ÜS in QS 1 nicht und in QS 2 nur minimal verändert (0.3 km/h tiefer). Dementsprechend fällt die Geschwindigkeitsreduktion bzw. Verzögerung auf beiden Fahrstreifen innerhalb der Vorlaufstrecke ($\Delta V_{1/2}$) in der Nachher-Phase geringfügig grösser aus. Ein übermässiges (unerwünschtes) Verzögern vor dem AGK Eintrittsportal ist aber nicht erkennbar.
- Innerhalb des Kontrollabschnitts liegen die V_m auf beiden Fahrstreifen in der Nachher-Phase unter den Werten der Vorher-Phase. Insbesondere beim Tunnelaustrittsportal (QS 7) hat sich eine Reduktion um 1.1 km/h auf dem NS bzw. um 1.2 km/h auf dem ÜS ergeben.

- Die grössten Unterschiede resultieren in der Nachher-Phase im Bereich des AGK Austrittsportal und dem anschliessenden Fahrererkennungssystem. In diesem Bereich haben sich die V_m auf dem NS um 1.4 bis 1.8 km/h reduziert, auf dem ÜS sogar um 2.6 bis 2.8 km/h.
- Die in der Vorher-Phase zwischen QS 7 und 8 beobachtete Beschleunigung hat sich in der Nachher-Phase deutlich abgeschwächt. Nach wie vor wird auf dem ÜS aber stärker beschleunigt als auf dem NS.
- Im Nachlauf (QS 10) haben sich die V_m in der Nachher-Phase nur unwesentlich verändert. Während auf dem ÜS ein geringer Rückgang um 0.3 km/h feststellbar ist, hat sich die V_m auf dem NS geringfügig um 0.3 km/h erhöht.
- Abschliessend lässt sich festhalten, dass die mittleren Geschwindigkeiten von leichten Anhängergespannen auf dem NS sowohl im Vorlauf als auch im Nachlauf in der Nachher-Phase leicht angestiegen, auf dem ÜS hingegen leicht gefallen sind. Innerhalb des Kontrollabschnitts sowie im AGK Austrittsportal mit dem Fahrererkennungssystem haben sich die mittleren Geschwindigkeiten ausnahmslos reduziert.

Einfluss auf schnell fahrende Personenwagen mit Anhänger

Anhand der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten der Gruppe „Personenwagen mit Anhänger“ wird der Einfluss der AGK auf die schnell fahrenden leichten Anhängergespanne analysiert.

$V_{85\%}$ Geschwindigkeit [km/h], $\Delta V_{x/y}$ [km/h] und a_m [m/s²] für die Gruppe „Personenwagen mit Anhänger“ ($\Delta t > 0$ s)																						
Phase	QS	Vor- lauf	AGK _{ein}			Kontrollabschnitt				AGK _{aus}		Nach- lauf	Vorlauf		AGK _{ein}		Kontroll- abschnitt		AGK _{aus}		Fahrer- erkennung	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Delta V_{1/2}$	a_m	$\Delta V_{2/4}$	a_m	$\Delta V_{5/7}$	a_m	$\Delta V_{7/8}$	a_m	$\Delta V_{8/9}$	a_m	
Vorher	NS	89.0	88.0	-	-	90.0	91.0	91.0	93.0	93.0	92.0	-1.0	-0.01	-	-	1.0	0.01	2.0	0.07	0.0	0.00	
Nachher	NS	89.0	88.0	-	-	89.0	90.0	90.0	91.0	92.0	92.0	-1.0	-0.01	-	-	1.0	0.01	1.0	0.03	1.0	0.07	
Differenz	ΔV	0.0	0.0	-	-	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	0.0											
Vorher	ÜS	101.0	99.0	-	-	99.0	100.0	103.0	108.0	109.0	106.0	-2.0	-0.02	-	-	4.0	0.03	5.0	0.19	1.0	0.08	
Nachher	ÜS	101.0	99.0	-	-	99.0	100.0	101.0	104.0	105.0	106.0	-2.0	-0.02	-	-	2.0	0.02	3.0	0.11	1.0	0.08	
Differenz	ΔV	0.0	0.0	-	-	0.0	0.0	2.0	4.0	4.0	0.0											

Tabelle 29: Vorher/Nachher-Vergleich der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten für die Gruppe der „Personenwagen mit Anhänger“

Kommentar:

- Entlang der Vorlaufstrecke (QS 1 bis QS 2) haben sich die $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten auf beiden Fahrstreifen nicht verändert. Unmittelbar vor dem AGK Eintrittsportal liegen die $V_{85\%}$ -Messwerte auf dem NS um 8 km/h und auf dem ÜS um 19 km/h über der zulässigen Geschwindigkeit von 80 km/h für leichte Anhängergespanne.
- Innerhalb des Kontrollabschnitts steigen die $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten in beiden Versuchsphasen leicht an. Während auf dem NS im mittleren und letzten Drittel des Kontrollabschnitts in der Nachher-Phase zwar um 1 km/h tiefere Werte gemessen wurden, haben sich die $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten auf dem ÜS im Mitteldrittel nicht verändert. Eine Reduktion um 2 km/h findet erst im Tunnelaustrittsportal (QS 7) statt.

- Die grössten Unterschiede im Vorher/Nachher-Vergleich sind auf dem NS in QS 8 zwischen dem AGK Austrittsportal und dem Fahrererkennungssystem erkennbar mit einer Reduktion um 2 km/h. Auf dem ÜS treten die grössten Reduktionen von 4 km/h in den Messquerschnitten QS 8 und QS 9 auf.
Im Messquerschnitt QS 8 unmittelbar nach der Passage des AGK Austrittsportals liegen die $V_{85\%}$ in der Nachher-Phase auf dem NS um 11 km/h und auf dem ÜS um 24 km/h massiv über der zulässigen Limite von 80 km/h!
- Im Nachlauf (QS 10) zeigen sich im Vorher/Nachher-Vergleich ebenfalls keine Unterschiede.
- Somit hat die AGK auf die $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten der leichten Anhängergespanne – mit Ausnahme des AGK Austrittsbereichs – kaum einen Einfluss.

5.4.2 Geschwindigkeitsübertretungen von Personenwagen mit Anhänger

Die Veränderungen bei der Übertretungsquote der zulässigen Höchstgeschwindigkeit werden anhand der prozentualen Anteile mit $V > V_{\text{zulässig}}$ in den einzelnen Messquerschnitten – getrennt nach Fahrstreifen – analysiert. Zusätzlich wird auch der Anteil derjenigen Fahrzeuge ausgewiesen, welche besonders schnell fahren und die zulässige Höchstgeschwindigkeit um mehr als 10 km/h überschreiten.

Da für leichte Anhängergespanne auf Autobahnen eine generelle Limite von 80 km/h gilt, hat die Standortverlegung des Signals „Freie Fahrt“ um 100 m stromabwärts zwischen den beiden Versuchsphasen Vorher/Nachher keine Relevanz für die Fahrzeuggruppe „Personenwagen mit Anhänger“.

Übertretungsquoten [%] der Gruppe „Personenwagen mit Anhänger“												
Phase		QS	Vorlauf			Kontrollabschnitt				AGK _{aus}		Nachlauf
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vorher	Anteil > V_{zul}	NS	51.7%	47.4%	-	-	71.1%	78.2%	80.4%	86.2%	87.7%	80.6%
Nachher	Anteil > V_{zul}	NS	54.1%	47.7%	-	-	68.4%	74.2%	75.3%	78.4%	83.5%	82.7%
Relative Veränderung			5%	1%	-	-	-4%	-5%	-6%	-9%	-5%	3%
Vorher	Anteil > $V_{\text{zul}} + 10$ km/h	NS	10.9%	8.5%	-	-	13.0%	15.8%	19.3%	24.9%	26.3%	18.7%
Nachher	Anteil > $V_{\text{zul}} + 10$ km/h	NS	11.5%	7.8%	-	-	10.3%	13.0%	14.1%	17.1%	18.8%	19.0%
Relative Veränderung			5%	-8%	-	-	-20%	-18%	-27%	-31%	-29%	1%
Vorher	Anteil > V_{zul}	ÜS	84.7%	86.1%	-	-	89.9%	90.0%	92.6%	97.9%	98.4%	96.6%
Nachher	Anteil > V_{zul}	ÜS	84.1%	85.6%	-	-	86.9%	88.8%	89.8%	94.9%	96.7%	95.3%
Relative Veränderung			-1%	0%	-	-	-3%	-1%	-3%	-3%	-2%	-1%
Vorher	Anteil > $V_{\text{zul}} + 10$ km/h	ÜS	45.7%	48.9%	-	-	61.5%	68.3%	77.3%	83.8%	83.8%	67.3%
Nachher	Anteil > $V_{\text{zul}} + 10$ km/h	ÜS	45.2%	47.0%	-	-	58.3%	65.9%	71.8%	76.6%	80.4%	67.4%
Relative Veränderung			-1%	-4%	-	-	-5%	-3%	-7%	-9%	-4%	0%

Tabelle 30: Vorher/Nachher-Vergleich der Übertretungsquoten der Gruppe „Personenwagen mit Anhänger“

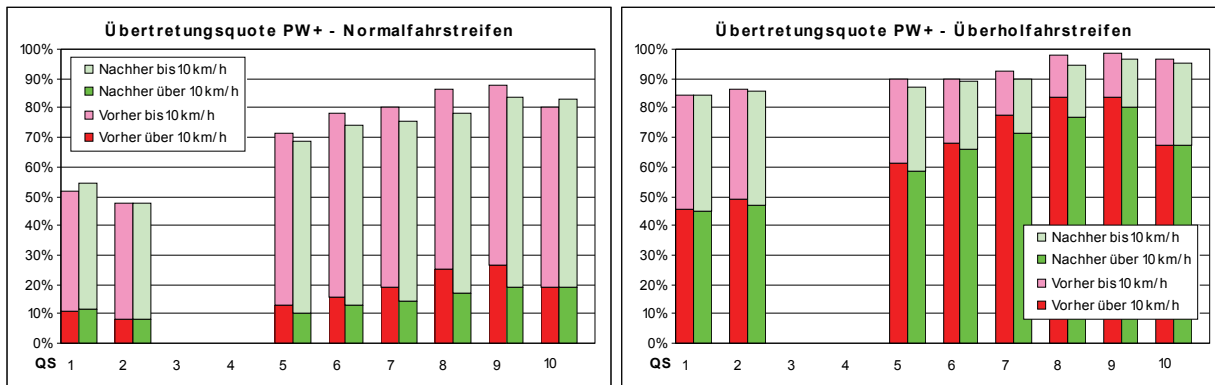


Abbildung 71: Vorher/Nachher-Vergleich der Übertretungsquoten der Gruppe „Personenwagen mit Anhänger“ auf dem Normalfahrstreifen (links) und auf dem Überholfahrstreifen (rechts)

Kommentar:

- Unabhängig von der Versuchsphase Vorher/Nachher ist die Übertretungsquote von leichten Anhängergespannen auf dem ÜS höher als auf dem NS. Dabei gilt aber zu berücksichtigen, dass innerhalb des Kontrollabschnitts durchschnittlich nur rund 4% aller leichten Motorfahrzeuge mit Anhänger den ÜS benutzen.
- Auf dem NS hat sich der Anteil der Übertretungen sowohl im Vorlauf (QS 1) als auch im Nachlauf (QS 10) um 5% bzw. 3% leicht erhöht. Auch bei den um mehr als 10 km/h zu schnell Fahrenden sind die Anteile in diesen beiden Messquerschnitten leicht angestiegen, um 5% im Vorlauf bzw. um 1% im Nachlauf. Die absoluten Übertretungsquoten betragen in der Nachher-Phase auf dem NS für den Vorlauf rund 54%, für den Nachlauf rund 83%!
- Auf dem ÜS hat sich der Anteil der Übertretungen im Vorlauf und Nachlauf zwischen den beiden Versuchs-Phasen bei einer Reduktion von 1% praktisch nicht verändert. Die absoluten Übertretungsquoten betragen in der Nachher-Phase auf dem ÜS für den Vorlauf rund 84%, für den Nachlauf rund 95%, wobei im Vorlauf mit 45% beinahe jedes zweite leichte Anhängergespann mehr als 10 km/h zu schnell fährt. Im Nachlauf fahren rund zwei Drittel aller leichten Anhängergespanne um mehr als 10 km/h zu schnell.
- Innerhalb des Kontrollabschnitts (QS 5 bis QS 7) sowie im AGK Austrittsbereich (QS 8 und QS) steigen die Übertretungsquoten unabhängig vom Fahrstreifen (NS/ÜS) und Versuchs-Phase (Vorher/Nachher) mit zunehmender Streckenlänge kontinuierlich an. Zwar haben sich die Übertretungsquoten von leichten Anhängergespannen in der Nachher-Phase etwas reduziert, dennoch wird die zulässige Höchstgeschwindigkeit, je nach Querschnitt, auf dem NS von 68% bis 84% und auf dem ÜS von 87% bis 97% aller leichten Anhängergespanne überschritten. Wie bereits bei der Fahrzeuggruppe „Lastwagen“ festgestellt, ist die Reduktion der Übertretungen bei den leichten Anhängergespannen hauptsächlich bedingt durch den Rückgang bei den Übertretungen um mehr als 10 km/h. Auf dem NS reduzierte sich dieser Anteil um 18% bis 31%, auf dem ÜS um 3% bis 9%.
- Diese nach wie vor hohen Übertretungsquoten lassen sich einerseits damit erklären, dass die AGK momentan so eingestellt, dass ein Geschwindigkeitsverstoss erst bei Erreichen der zweiten Ordnungsbussenstufe (6 bis 10 km/h über der Limite) unter Berücksichtigung des gesetzlich vorgeschriebenen Sicherheitsabzugs von 5 km/h (bei Messwerten bis 100 km/h) geahndet wird und folglich erst ab einer mittleren Geschwindigkeit von 91 km/h „geblitzt“ wird. Andererseits dürfte in dieser Fahrzeuggruppe überdurchschnittlich viel Ferientourismus enthalten sein, welcher mit der örtlichen Situation (noch) nicht vertraut ist. Unwissenheit über die zulässige Höchstgeschwindigkeit von leichten Anhängergespannen in der Schweiz mag ein weiterer Grund für die hohen Übertretungsquoten sein.

5.5 Reisebusse und Cars

5.5.1 Geschwindigkeitsverhalten von Reisebussen und Cars

Abschliessend werden die Auswirkungen der AGK auf das Geschwindigkeitsverhalten von Reisebussen und Cars behandelt. Für diese Fahrzeuge gilt auf Autobahnen eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h. Die Messergebnisse basieren auf den Angaben in ANHANG B.5 und werden analog zu den Auswertungen für alle Fahrzeuge getrennt für den Normalfahrstreifen (NS) und den Überholfahrstreifen (ÜS) dargestellt⁵⁸.

Die folgenden Tabellen zeigen wiederum die Gegenüberstellung der Ergebnisse für die „Vorher-“ und „Nachher-Phase“ für die Fahrzeuggruppe „Reisebusse und Cars“. Der obere Teil der Tabellen zeigt die Ergebnisse für den Normalfahrstreifen (NS), der untere Teil jene für den Überholfahrstreifen (ÜS).

5.5.1.1 Geschwindigkeitsverteilung der Gruppe „Reisebusse und Cars“

Standardabweichung S [km/h] für die Gruppe „Reisebusse und Cars“ ($\Delta t > 0$ s)																	
Phase	QS	Vor- lauf	AGK _{ein}			Kontrollabschnitt				AGK _{aus}		Nach- lauf	Mittelwerte				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	2/3	4/5	5/6	6/7	8/9	
Vorher	NS	11.6	11.0	10.6	10.4	8.0	7.6	7.1	7.5	7.6	7.7	10.8	9.3	7.9	7.3	7.6	
Nachher	NS	11.4	10.7	10.3	9.7	7.8	7.6	7.0	7.6	7.1	6.9	10.7	8.9	7.7	7.3	7.5	
Differenz	ΔS	0.2	0.3	0.3	0.7	0.2	0.0	0.1	-0.1	0.5	0.7	0.2	0.4	0.1	0.1	0.1	
Vorher	ÜS	7.1	7.8	8.7	9.3	6.8	6.3	6.9	4.8	4.5	5.9	8.1	8.1	6.5	6.5	4.7	
Nachher	ÜS	8.3	8.7	14.3	9.1	15.7	6.5	7.7	4.9	4.9	6.3	9.4	13.7	11.2	7.0	4.9	
Differenz	ΔS	-1.1	-0.9	-5.7	0.1	-8.8	-0.2	-0.8	-0.1	-0.3	-0.4	-1.3	-5.7	-4.6	-0.5	-0.2	

Tabelle 31: Vorher/Nachher-Vergleich der Standardabweichungen für die Gruppe „Reisebusse und Cars“

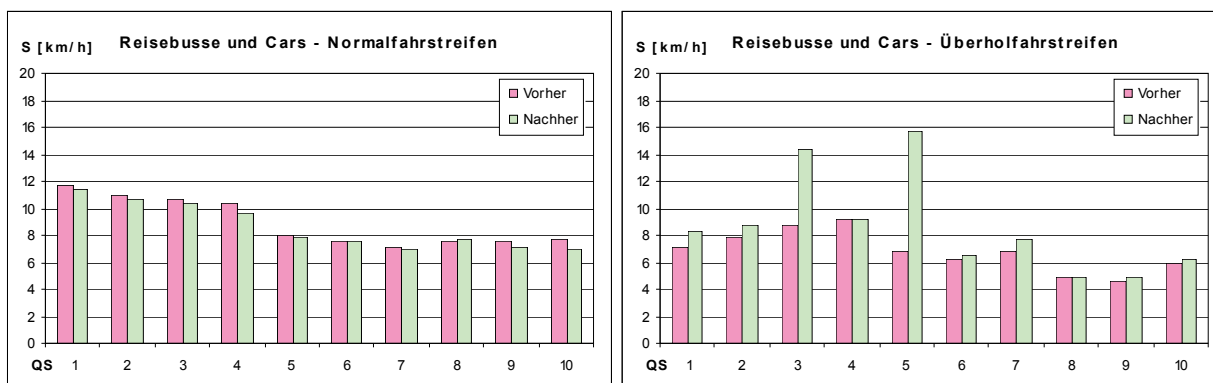


Abbildung 72: Veränderung der Standardabweichungen für die Gruppe der „Reisebusse und Cars“ auf dem Normalfahrstreifen (links) und auf dem Überholfahrstreifen (rechts)

⁵⁸ Innerhalb des Kontrollabschnitts benutzen durchschnittlich rund 18% aller Reisebusse und Cars den Überholfahrstreifen.

Kommentar:

- Unabhängig von der Versuchsphase (Vorher/Nachher) reduzieren sich auf dem NS die Standardabweichungen von Reisebussen und Cars bis zum Tunnelaustrittsportal und bleiben anschliessend auf einem mehr oder weniger konstant tiefen Niveau. Auf dem ÜS hingegen steigen die Standardabweichungen zwischen Vorlauf und Tunneleintrittsportal an, bevor sie anschliessend entlang des Kontrollabschnitts tendenziell wieder abnehmen.
- Auf dem NS haben sich die Standardabweichungen in der Nachher-Phase praktisch in allen Messquerschnitten leicht reduziert, wobei die Reduktion zu Beginn des Kontrollabschnitts (QS 4) mit 0.7 km/h am grössten ist. Eine ähnliche Abnahme kann auch im Nachlauf (QS 10) festgestellt werden.
- Auf dem ÜS hingegen sind die Geschwindigkeitsverteilungen in der Nachher-Phase tendenziell inhomogener geworden. Die Standardabweichungen haben praktisch in allen Messquerschnitten zugenommen. Besonders in den Messquerschnitten QS 3 (AGK Eintrittsportal) sowie QS 5 (erstes Drittel des Kontrollabschnitts) fallen die Zunahmen überproportional hoch aus. Die Ursache hierfür ist aber schwierig auszumachen. Unter Umständen sind fehlerhafte Fahrzeugklassifizierungen oder -erfassungen Grund für die Ausreisser in den beiden Messquerschnitten.

5.5.1.2 Geschwindigkeitsverlauf der Gruppe „Reisebusse und Cars“

Die Veränderungen im Geschwindigkeitsverlauf der Fahrzeuggruppe „Reisebusse und Cars“ werden wiederum auf Grund der Geschwindigkeitsdifferenzen (ΔV) zwischen ausgewählten Messquerschnitten und den daraus resultierenden mittleren Beschleunigungen (a_m) untersucht. In einem weiteren Schritt wird auf die Beeinflussung der schnell fahrenden „Reisebusse und Cars“ ($V_{85\%}$) eingegangen.

Die Abbildung 73 zeigt die Geschwindigkeitsverläufe dieser Fahrzeuggruppe im Vorher/Nachher-Vergleich. Dargestellt sind wiederum die V_m und die $V_{85\%}$ für den NS und den ÜS.

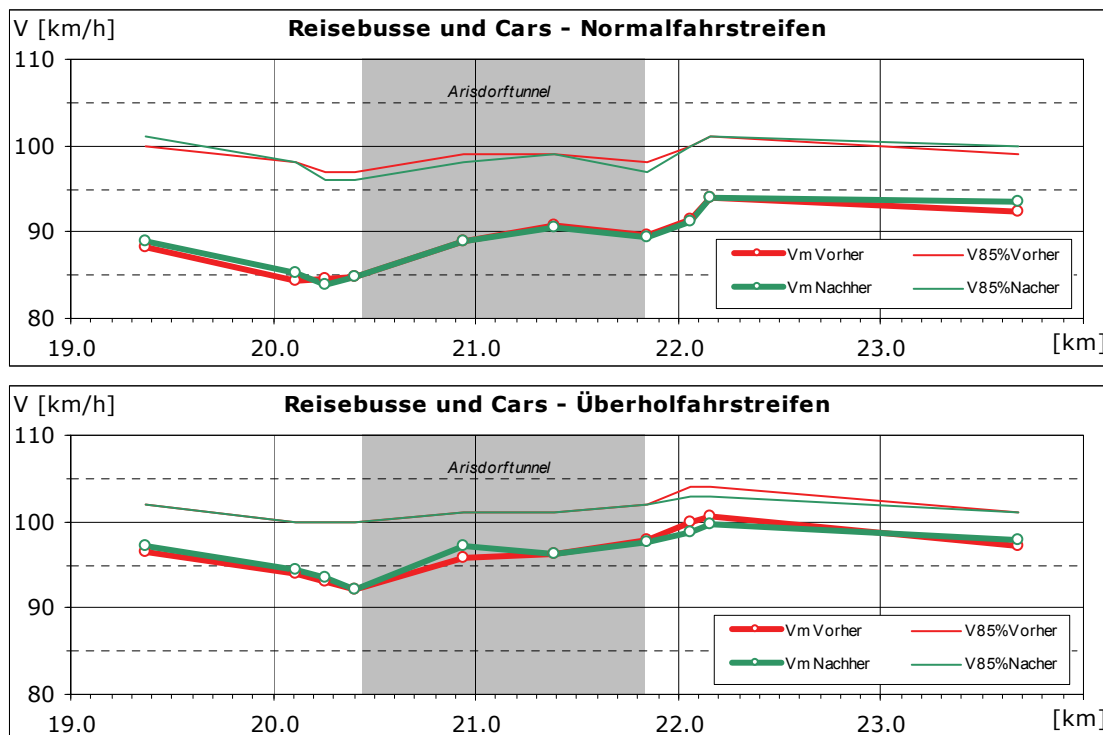


Abbildung 73: Vorher/Nachher-Vergleich der Geschwindigkeitsverläufe für die Gruppe der „Reisebusse und Cars“ auf dem Normalfahrstreifen (oben) und auf dem Überholfahrstreifen (unten)

Im Bereich der Vorlaufstrecke (QS 1 nach QS 2) zeichnen sich die Verläufe beider Fahrstreifen durch eine geringfügige Verlangsamung aus. Die mittleren Geschwindigkeiten V_m auf dem ÜS liegen in der Vorlaufstrecke (QS 1), unabhängig von der Versuchsphase, ca. 8 km/h höher als auf dem NS. Innerhalb des Kontrollabschnitts bleibt dieser Unterschied in etwa gleich. Die $V_{85\%}$ -Werte liegen in der Vorlaufstrecke auf dem NS rund 12 km/h bzw. auf dem ÜS rund 6 km/h über der V_m .

Auf dem NS im Vorher/Nachher-Vergleich auffallend sind die praktisch identischen Geschwindigkeitsverläufe innerhalb des Kontrollabschnitts. Für den ÜS trifft dies mit Ausnahme des Messquerschnitts QS 5 (erstes Drittel des Kontrollabschnitts) ebenfalls zu.

Unterschiede zwischen den beiden Versuchsphasen sind vor allem im Vor- und Nachlauf sowie im Bereich des AGK Eintritts- und Austrittsportal feststellbar, wobei ersteres nur für den NS und letzteres nur für den ÜS zutrifft. Auf beiden Fahrstreifen ist das Geschwindigkeitsniveau im Vor- und Nachlauf in der Nachher-Phase leicht höher. Auf dem NS stiegen in der Vorher-Phase die Geschwindigkeiten bereits vor dem AGK Eintrittsportal (QS 2) wieder an, in der Nachher-Phase hingegen erst unmittelbar beim Portal (QS 3). Auf dem ÜS fällt hingegen im Bereich des AGK Austrittsportal der Geschwindigkeitsanstieg in der Nachher-Phase dezenter aus.

Anhand der nachfolgenden Tabelle werden die Auswirkungen der AGK auf die mittleren Geschwindigkeiten im Vorher-/Nachher-Vergleich beurteilt.

Mittlere Geschwindigkeit V_m [km/h], $\Delta V_{x/y}$ [km/h] und a_m [m/s ²] für die Gruppe „Reisebusse und Cars“ ($\Delta t > 0$ s)																						
Phase	QS	Vor- lauf	AGK _{ein}			Kontrollabschnitt				AGK _{aus}		Nach- lauf	Vorlauf		AGK _{ein}		Kontroll- abschnitt		AGK _{aus}		Fahrer- erkennung	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Delta V_{1/2}$	a_m	$\Delta V_{2/4}$	a_m	$\Delta V_{4/7}$	a_m	$\Delta V_{7/8}$	a_m	$\Delta V_{8/9}$	a_m	
Vorher	NS	88.2	84.5	84.6	84.9	89.0	90.7	89.7	91.5	94.0	92.4	-3.8	-0.03	0.5	0.01	4.7	0.02	1.8	0.06	2.5	0.18	
Nachher	NS	89.0	85.2	83.9	84.9	88.9	90.6	89.3	91.2	93.9	93.6	-3.8	-0.03	-0.2	-0.01	4.4	0.02	1.9	0.06	2.7	0.19	
Differenz	ΔV	-0.7	-0.7	0.7	0.0	0.1	0.0	0.4	0.3	0.1	-1.2											
Vorher	ÜS	96.4	94.1	93.1	92.0	95.9	96.4	97.8	100.0	100.6	97.1	-2.3	-0.02	-2.0	-0.05	5.8	0.03	2.2	0.08	0.6	0.05	
Nachher	ÜS	97.1	94.5	93.4	92.2	97.1	96.3	97.6	98.8	99.7	97.8	-2.5	-0.03	-2.3	-0.06	5.3	0.03	1.3	0.05	0.9	0.07	
Differenz	ΔV	-0.7	-0.5	-0.3	-0.2	-1.2	0.1	0.3	1.1	0.9	-0.7											

Tabelle 32: Vorher/Nachher-Vergleich der mittleren Geschwindigkeiten für die Gruppe der „Reisebusse und Cars“

Kommentar:

- Auf beiden Fahrstreifen liegen die mittleren Geschwindigkeiten zu Beginn der Vorlaufstrecke (QS 1) und kurz vor dem AGK Eintrittsportal in der Nachher-Phase leicht über derjenigen der Vorher-Phase liegt (0.5 bis 0.7 km/h), wobei sich aber die Geschwindigkeitsreduktion innerhalb der Vorlaufstrecke ($\Delta V_{1/2}$) zwischen den beiden Versuchs-Phasen nicht verändert hat.
- Im Bereich des AGK Eintrittsportals ($\Delta V_{2/4}$) wurde auf dem NS in der Vorher-Phase bereits beschleunigt, während in der Nachher-Phase weiter minimal verzögert wird. Ein übermässiges (unerwünschtes) Verzögern lässt sich aber nicht erkennen. Auf dem ÜS findet in diesem Bereich in beiden Versuchs-Phasen eine leichte Verzögerung statt.
- Innerhalb des Kontrollabschnitts sind die V_m auf dem NS in der Nachher-Phase minimal kleiner geworden. Auf dem ÜS trifft dies nur für das zweite und dritte Drittel des Kontrollabschnitts zu, während im ersten Drittel (QS 5) eine Zunahme um 1.2 km/h zu verzeichnen ist.

- Die grössten Unterschiede resultieren auf dem ÜS in der Nachher-Phase im Bereich des AGK Austrittsportal und dem anschliessenden Fahrererkennungssystem. In diesem Bereich haben sich die V_m auf dem ÜS um 0.9 bis 1.1 km/h reduziert, während auf dem NS der Rückgang mit 0.3 km/h wesentlich geringer ausfällt.

Einfluss auf schnell fahrende Reisebusse und Cars

Anhand der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten wird der Einfluss der AGK auf die schnell fahrenden Reisebusse und Cars analysiert.

$V_{85\%}$ Geschwindigkeit [km/h], $\Delta V_{x/y}$ [km/h] und a_m [m/s²] für die Gruppe „Reisebusse und Cars“ ($\Delta t > 0$ s)																						
Phase	QS	Vor- lauf	AGK _{ein}			Kontrollabschnitt				AGK _{aus}		Nach- lauf	Vorlauf		AGK _{ein}		Kontroll- abschnitt		AGK _{aus}		Fahrer- erkennung	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Delta V_{1/2}$	a_m	$\Delta V_{2/4}$	a_m	$\Delta V_{4/7}$	a_m	$\Delta V_{7/8}$	a_m	$\Delta V_{8/9}$	a_m	
Vorher	NS	100.0	98.0	97.0	97.0	99.0	99.0	98.0	100.0	101.0	99.0	-2.0	-0.02	-1.0	-0.03	1.0	0.01	2.0	0.07	1.0	0.08	
Nachher	NS	101.0	98.0	96.0	96.0	98.0	99.0	97.0	100.0	101.0	100.0	-3.0	-0.03	-2.0	-0.05	1.0	0.01	3.0	0.11	1.0	0.08	
Differenz	ΔV	-1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	-1.0											
Vorher	ÜS	102.0	100.0	100.0	100.0	101.0	101.0	102.0	104.0	104.0	101.0	-2.0	-0.02	0.0	0.00	2.0	0.01	2.0	0.08	0.0	0.00	
Nachher	ÜS	102.0	100.0	100.0	100.0	101.0	101.0	102.0	103.0	103.0	101.0	-2.0	-0.02	0.0	0.00	2.0	0.01	1.0	0.04	0.0	0.00	
Differenz	ΔV	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0											

Tabelle 33: Vorher/Nachher-Vergleich der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten für die Gruppe der „Reisebusse und Cars“

Kommentar:

- Auf dem NS haben sich $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten sowohl im Vor- als auch im Nachlauf um 1 km/h erhöht, im Bereich des AGK Ein- und Austrittsportal sowie innerhalb des Kontrollabschnitts sind die $V_{85\%}$ dagegen gleich geblieben oder haben sich sogar um 1 km/h reduziert. Nach wie vor liegen die $V_{85\%}$ -Messwerte auf dem NS unter der Limite von 100 km/h.
- Auf dem ÜS haben sich $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten mit Ausnahme des AGK Austrittsbereichs (QS 8 und QS 9) – wo eine Abnahme um 1 km/h zu verzeichnen ist – zwischen den beiden Versuchs-Phasen nicht verändert. Die $V_{85\%}$ -Messwerte auf dem ÜS liegen um 1 bis 3 km/h über der Limite von 100 km/h.
- Somit hat die AGK auf die $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten von Reisebussen und Cars auf dem NS einen kleinen Einfluss, auf dem ÜS hingegen kaum einen Einfluss.

5.5.2 Geschwindigkeitsübertretungen von Reisebussen und Cars

Die Veränderungen bei der Übertretungsquote der zulässigen Höchstgeschwindigkeit werden anhand der prozentualen Anteile mit $V > V_{\text{zulässig}}$ in den einzelnen Messquerschnitten – getrennt nach Fahrstreifen – analysiert. Zusätzlich wird auch der Anteil derjenigen Fahrzeuge ausgewiesen, welche besonders schnell fahren und die zulässige Höchstgeschwindigkeit um mehr als 10 km/h überschreiten.

Da für Reisebusse und Cars auf Autobahnen eine generelle Limite von 100 km/h gilt, hat die Standortverlegung des Signals „Freie Fahrt“ um 100 m stromabwärts zwischen den beiden Versuchsphasen Vorher/Nachher keine Relevanz für diese Fahrzeuggruppe.

Übertretungsquoten [%] der Gruppe „Reisebusse und Cars“													
Phase		QS	Vor- lauf	AGK _{ein}			Kontrollabschnitt				AGK _{aus}		Nach- lauf
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Vorher	Anteil > V _{zul}	NS	12.7%	2.9%	2.9%	3.2%	5.9%	7.8%	4.8%	12.9%	22.7%	8.2%	
Nachher	Anteil > V _{zul}	NS	16.0%	2.9%	2.5%	2.9%	5.5%	7.6%	4.1%	11.3%	18.9%	8.7%	
Relative Veränderung			26%	0%	-14%	-9%	-7%	-3%	-15%	-13%	-17%	6%	
Vorher	Anteil > V _{zul} +10 km/h	NS	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	
Nachher	Anteil > V _{zul} +10 km/h	NS	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
Relative Veränderung			-	-	-	-	-	-	-	-	-100%	-	
Vorher	Anteil > V _{zul}	ÜS	26.3%	12.6%	13.0%	9.8%	20.8%	20.3%	35.6%	55.7%	62.6%	19.7%	
Nachher	Anteil > V _{zul}	ÜS	31.9%	12.4%	14.7%	8.0%	22.1%	18.7%	30.6%	42.6%	49.7%	19.8%	
Relative Veränderung			22%	-2%	13%	-18%	6%	-8%	-14%	-24%	-21%	1%	
Vorher	Anteil > V _{zul} +10 km/h	ÜS	0.2%	0.1%	0.3%	0.2%	0.3%	0.4%	0.0%	0.3%	0.4%	0.4%	
Nachher	Anteil > V _{zul} +10 km/h	ÜS	0.3%	0.1%	0.6%	0.1%	1.0%	0.3%	0.1%	0.1%	0.1%	0.3%	
Relative Veränderung			64%	-5%	84%	-67%	299%	-33%	226%	-63%	-67%	-27%	

Tabelle 34: Vorher/Nachher-Vergleich der Übertretungsquoten der Gruppe „Reisebusse und Cars“

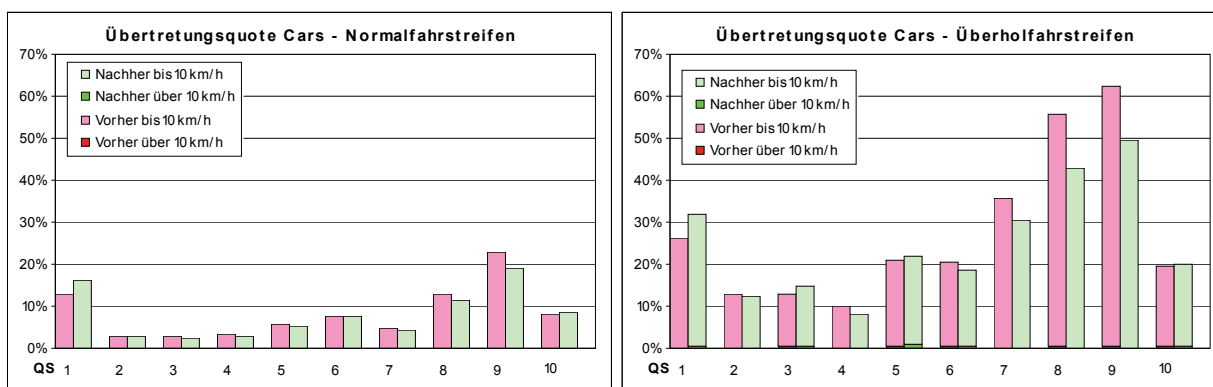


Abbildung 74: Vorher/Nachher-Vergleich der Übertretungsquoten der Gruppe „Reisebusse und Cars“ auf dem Normalfahrstreifen (links) und auf dem Überholfahrstreifen (rechts)

Kommentar:

- Unabhängig von der Versuchsphase Vorher/Nachher ist die Übertretungsquote von Reisebussen und Cars auf dem ÜS höher als auf dem NS. Dabei gilt aber zu berücksichtigen, dass innerhalb des Kontrollabschnitts durchschnittlich nur rund 18% der Cars den ÜS benutzen.
- Grundsätzlich fällt auf, dass in dieser Fahrzeuggruppe sowohl Vorher als auch Nachher auf dem NS keine und auf dem ÜS praktisch keine Übertretungen um mehr als 10 km/h stattfinden.
- Auf dem NS hat sich der Anteil der Übertretungen sowohl im Vorlauf (QS 1) als auch im Nachlauf (QS 10) um 26% bzw. 6% erhöht. Die absoluten Übertretungsquoten in der Nachher-Phase auf dem NS sind mit 16% im Vorlauf bzw. mit knapp 9% im Nachlauf aber tief.
- Auch auf dem ÜS hat der Anteil der Übertretungen im Vorlauf um 22% zugenommen, während der Anteil sich im Nachlauf mit einer Zunahme von lediglich 1% praktisch nicht verändert hat.

Die absoluten Übertretungsquoten in der Nachher-Phase auf dem ÜS sind mit 32% im Vorlauf bzw. knapp 20% im Nachlauf höher als auf dem NS.

- Innerhalb des Kontrollabschnitts (QS 4 bis QS 7) sowie im AGK Austrittsbereich (QS 8 und QS) steigen die Übertretungsquoten unabhängig vom Fahrstreifen (NS/ÜS) und Versuchs-Phase (Vorher/Nachher) mit zunehmender Streckenlänge tendenziell an. Auf dem NS haben sich die Übertretungsquoten in der Nachher-Phase in allen Messquerschnitten reduziert. Je nach Querschnitt liegen die Reduktionen zwischen 3% bis 17%. Auch auf dem ÜS lässt sich eine Abnahme bei den Übertretungsquoten feststellen. Mit einer Ausnahme (QS 5) haben sich deren Anteile je nach Querschnitt sogar um 8% bis 24% reduziert.

5.6 Fazit

Die Auswertung und Analyse der Messergebnisse für den Pilotabschnitt A2 Arisdorftunnel hat auf eindrückliche Art und Weise gezeigt, dass mit der Anordnung der AGK das Geschwindigkeitsverhalten der Verkehrsteilnehmer grundsätzlich positiv beeinflusst worden ist. Mit der AGK konnte eine Harmonisierung der Geschwindigkeiten über den gesamten Abschnitt erreicht werden. Der Verkehrsablauf ist insgesamt homogener geworden. Die im Vorfeld befürchteten negativen Effekte auf das Fahrverhalten haben sich nicht bestätigt. So konnten keinerlei Indizien dafür gefunden werden, dass das AGK Eintrittsportal oder das AGK Austrittsportal zusammen mit dem Fahrererkennungssystem mit einer herkömmlichen Punktkontrolle verwechselt wird. In diesen Bereichen konnten keine übermässigen und unerwünschten Verzögerungsvorgänge festgestellt werden. Ebenso wenig hat sich die Befürchtung bestätigt, dass es innerhalb des Kontrollabschnitts zu Kompensationseffekten in der Geschwindigkeitswahl kommen könnte. Diesbezügliche Verhaltensmuster liessen sich nicht nachweisen. In Bezug auf das Abstandsverhalten lassen die Ergebnisse einen gewissen Interpretationsspielraum offen. Zwar sind die mittleren Zeitlücken in der Nachher-Phase tendenziell grösser geworden, ein eindeutiger Zusammenhang mit der Installation der AGK konnte jedoch nicht nachgewiesen werden. Nachfolgend werden die wichtigsten Erkenntnisse für den Pilotabschnitt A2 Arisdorftunnel zusammenfassend aufgeführt.

5.6.1 Geschwindigkeitsverteilungen

Über alle Fahrzeuge betrachtet haben sich die Standardabweichungen im AGK Eintrittsportal, innerhalb des Kontrollabschnitts sowie im Bereich des AGK Austrittsportals zusammen mit dem Fahrererkennungssystem sowohl auf dem Normalfahrstreifen als auch auf dem Überholfahrstreifen reduziert. Dabei treten die grössten Reduktionen am Ende des Kontrollabschnitts bzw. im Bereich des AGK Austrittsportals auf. Somit findet nicht nur im Vorher/Nachher-Vergleich in den einzelnen Messquerschnitten sondern auch entlang des Kontrollabschnitts eine zunehmende Homogenisierung des Verkehrsablaufs statt. Auch im Nachlauf ist der Verkehrsablauf auf beiden Fahrstreifen tendenziell homogener geworden. Im Vorlauf trifft dies nur für den Überholfahrstreifen zu, während auf dem Normalfahrstreifen keine Unterschiede festgestellt werden konnten. Diese Aussagen treffen auch für die ungehindert fahrenden Fahrzeuge zu, welche in ihrer Geschwindigkeitswahl nicht durch voraus fahrende Fahrzeuge beeinflusst sind.

In Bezug auf die definierten Fahrzeuggruppen konnten gewisse Unterschiede im Vorher/Nachher-Vergleich ausgemacht werden. Während sich die Ergebnisse bei der Fahrzeuggruppe „Personenwagen“, welche einen Anteil von rund 89% am gesamten Verkehrsaufkommen ausmacht, erwartungsgemäss nahezu mit den Erkenntnissen für alle Fahrzeuge decken, existieren bei den Fahrzeuggruppen „Lastwagen“ (mit einem Anteil von rund 10%), „Personenwagen mit Anhänger“ (knapp 1%) sowie Cars (weniger als 1%) bestimmte Unterschiede. So hat die AGK z.B. keinen erkennbaren Einfluss auf die Geschwindigkeitsverteilungen der Lastwagen.

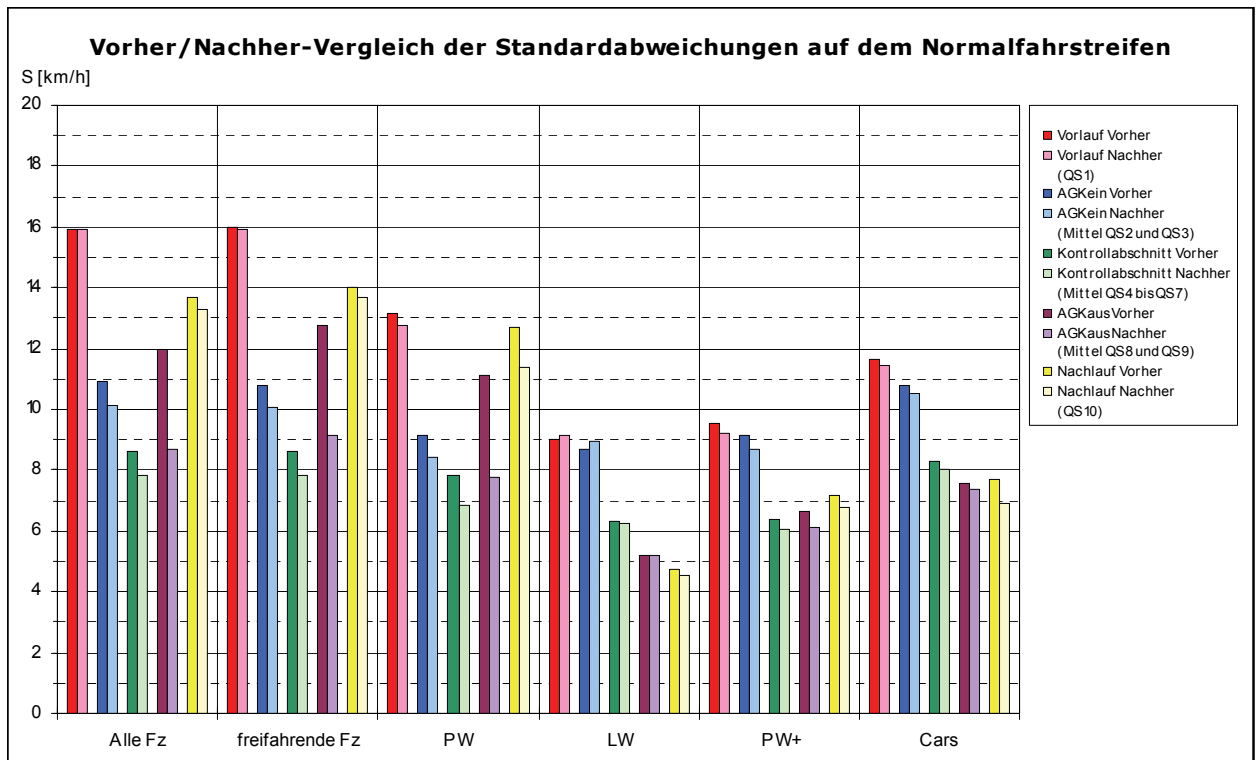


Abbildung 75: Vorher/Nachher-Vergleich der Standardabweichungen auf dem Normalfahrstreifen im Pilotabschnitt A2 Arisdorftunnel in Abhängigkeit der Fahrzeuggruppe

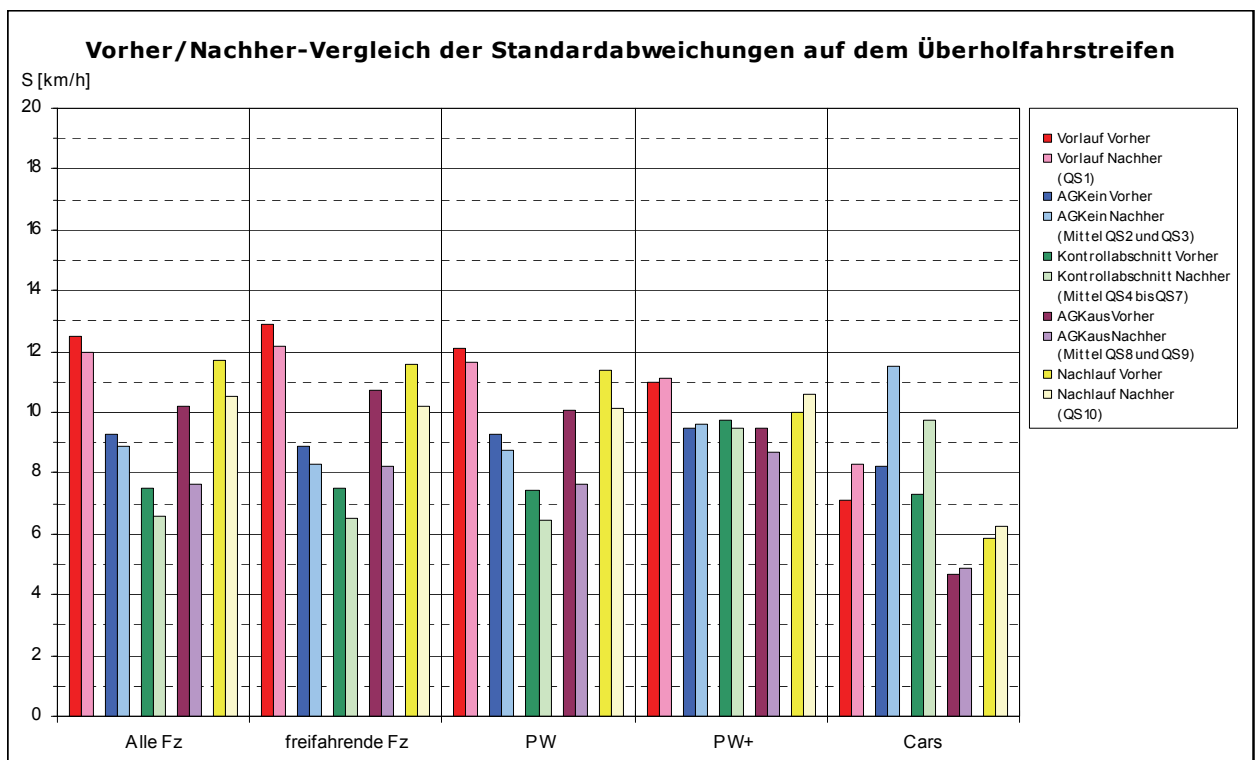


Abbildung 76: Vorher/Nachher-Vergleich der Standardabweichungen auf dem Überholfahrstreifen im Pilotabschnitt A2 Arisdorftunnel in Abhängigkeit der Fahrzeuggruppe

5.6.2 Mittlere Geschwindigkeiten

Während sich die mittleren Geschwindigkeiten aller Fahrzeuge in der Nachher-Phase sowohl im Vorlauf als auch im Nachlauf leicht erhöht haben (auf dem NS um 1.0 bzw. 2.1 km/h, auf dem ÜS um 0.6 bzw. 1.9 km/h), sind die mittleren Geschwindigkeiten im Kontrollabschnitt je nach Fahrstreifen um durchschnittlich 0.6 km/h (auf dem NS) bzw. 1.3 km/h gesunken. Ein Rückgang konnte auch im Bereich des AGK Eintrittsportals verzeichnet werden, auf dem NS um 0.5 km/h und auf dem ÜS um 2.0 km/h. Die grössten Veränderungen fanden am Ende des Kontrollabschnitts bzw. im Bereich des AGK Austrittsportals statt, wo sich die mittleren Geschwindigkeiten auf dem NS um durchschnittlich 4.2 km/h und auf dem ÜS um 9.9 km/h reduzierten. Im Gegensatz zur Vorher-Phase, wo bereits unmittelbar nach dem Tunnelaustrittsportal wieder beschleunigt wurde, findet der Beschleunigungsvorgang in der Nachher-Phase deutlich weniger ausgeprägt erst nach Passieren des Fahrererkennungssystems statt.

Die für alle Fahrzeuge festgestellten Veränderungen treffen auch für die Fahrzeuggruppe „Personenwagen“ zu. Während auf dem ÜS nahezu identische Werte wie für alle Fahrzeuge resultieren, ist das Geschwindigkeitsniveau der Personenwagen auf dem NS verglichen mit allen Fahrzeugen – bedingt durch den Wegfall der Lastwagen – höher.

Bei den Lastwagen hat die AGK praktisch keinen nennenswerten Einfluss auf die mittleren Geschwindigkeiten ausgeübt. Die Unterschiede zwischen den beiden Versuchsphasen sind minimal. Tendenziell wurden im Vor- und Nachlauf sowie beim AGK Eintrittsportal leicht höhere, innerhalb des Kontrollabschnitts und beim AGK Austrittsportal geringfügig tiefere Werte registriert.

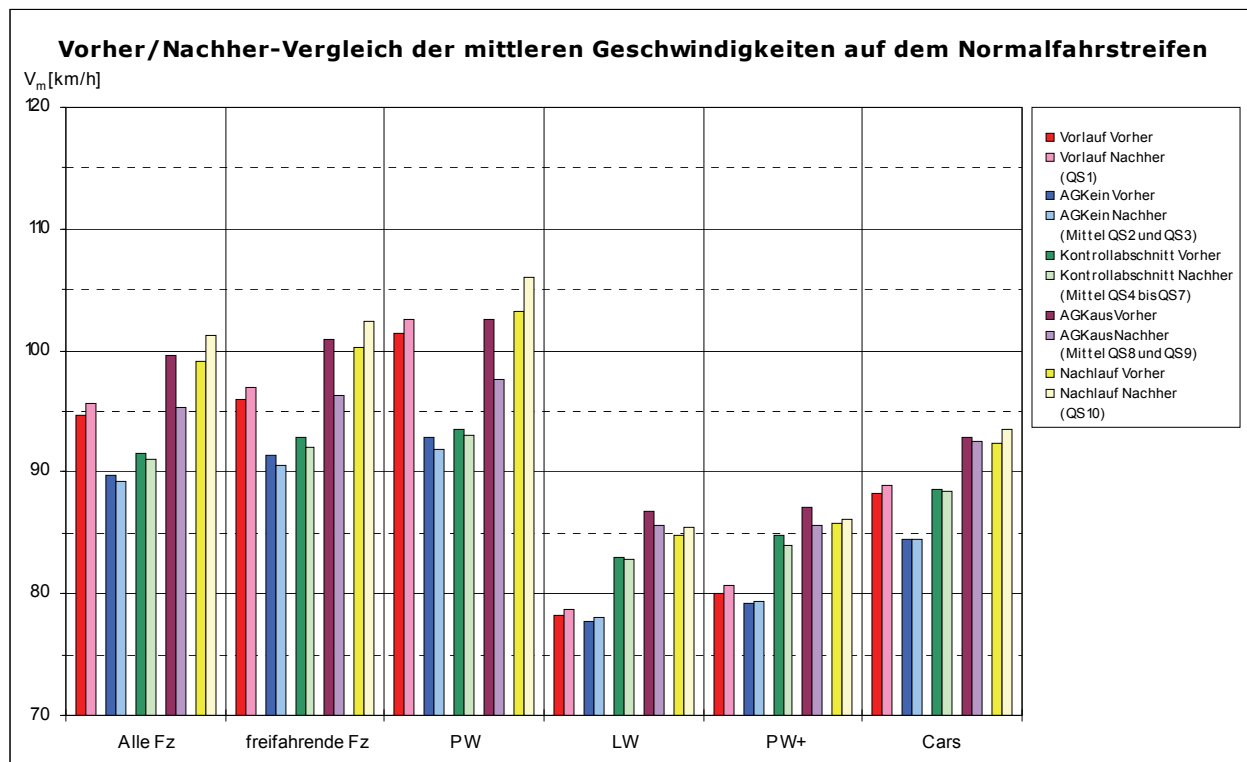


Abbildung 77: Vorher/Nachher-Vergleich der mittleren Geschwindigkeiten auf dem Normalfahrstreifen im Pilotabschnitt A2 Arisdorftunnel in Abhängigkeit der Fahrzeuggruppe

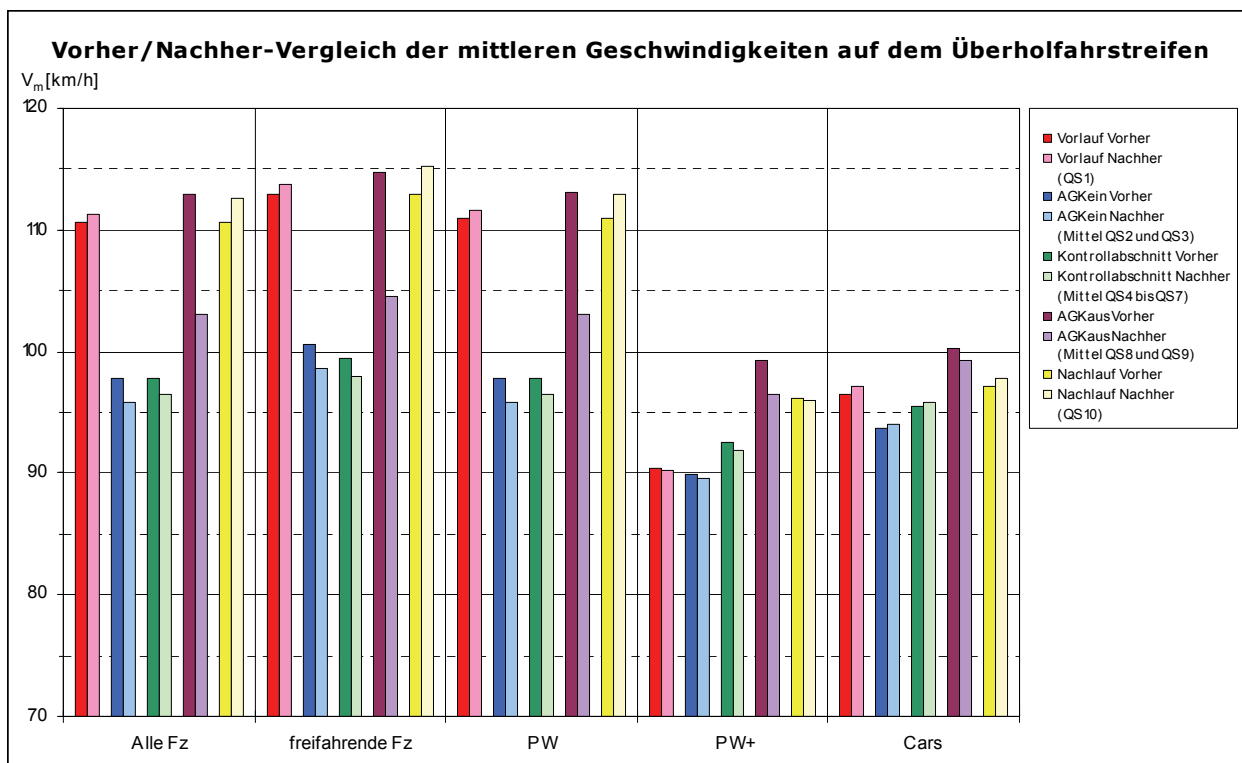


Abbildung 78: Vorher/Nachher-Vergleich der mittleren Geschwindigkeiten auf dem Überholfahrstreifen im Pilotabschnitt A2 Arisdorftunnel in Abhängigkeit der Fahrzeuggruppe

5.6.3 Übertretungsquoten

Bei der Analyse der Übertretungsquoten muss grundsätzlich die fahrzeugspezifisch unterschiedliche Geschwindigkeitslimite auf Autobahnen berücksichtigt werden. Während diese bei der Fahrzeuggruppe „Personenwagen“ 120 km/h beträgt, dürfen Reisebusse nicht schneller als 100 km/h und Lastwagen sowie leichte Anhängergespanne (PW+) nicht schneller als 80 km/h fahren. Die signalisierte Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h innerhalb des Kontrollabschnitts ist somit v.a. für die Fahrzeuggruppe „Personenwagen“ relevant.

Ähnlich wie bei den mittleren Geschwindigkeiten sind auch die Übertretungsquoten im Vor- und Nachlauf generell leicht angestiegen. Innerhalb des Kontrollabschnitts konnte bei allen untersuchten Fahrzeuggruppen ein Rückgang bei den Übertretungsquoten festgestellt werden. Besonders deutlich war der Rückgang bei denjenigen Fahrzeugen, welche die Limite um mehr als 10 km/h überschritten.

Bei den LW und PW+, welche maximal 80 km/h fahren dürfen, sind die Anteile der Übertretungen bis 10 km/h aber nach wie vor sehr hoch. Grund dafür ist, dass die AGK momentan so eingestellt ist, dass ein Geschwindigkeitsverstoss erst bei Erreichen der zweiten Ordnungsbussenstufe (6 bis 10 km/h über der Limite) unter Berücksichtigung des gesetzlich vorgeschriebenen Sicherheitsabzugs von 5 km/h (bei Messwerten bis 100 km/h) geahndet wird. Somit werden momentan nur diejenigen Lastwagen und leichten Anhängergespanne „geblitzt“, welche im Kontrollabschnitt eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 91 km/h und darüber erreichen.

Bei den Reisebussen und Cars wurden in beiden Versuchsphasen praktisch keine Übertretungen um mehr als 10 km/h registriert.

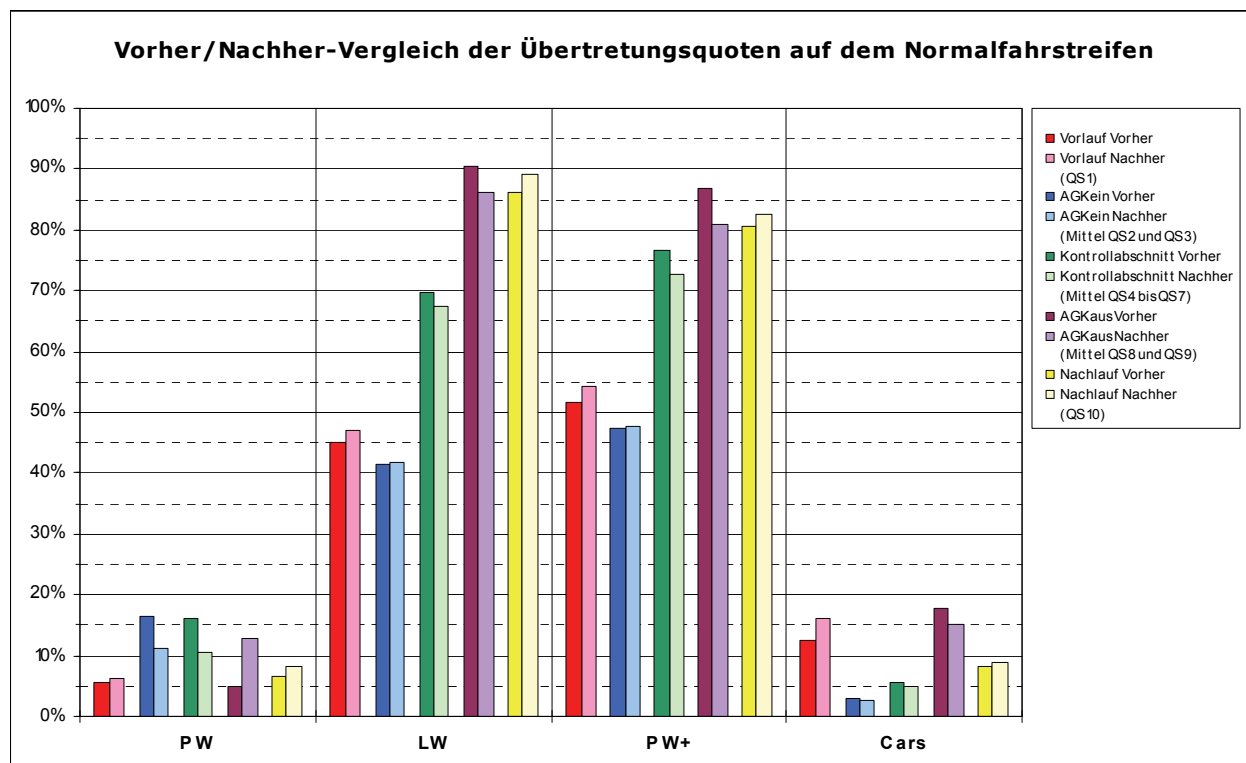


Abbildung 79: Vorher/Nachher-Vergleich der Übertretungsquoten auf dem Normalfahrstreifen im Pilotabschnitt A2 Arisdorftunnel in Abhängigkeit der Fahrzeuggruppe

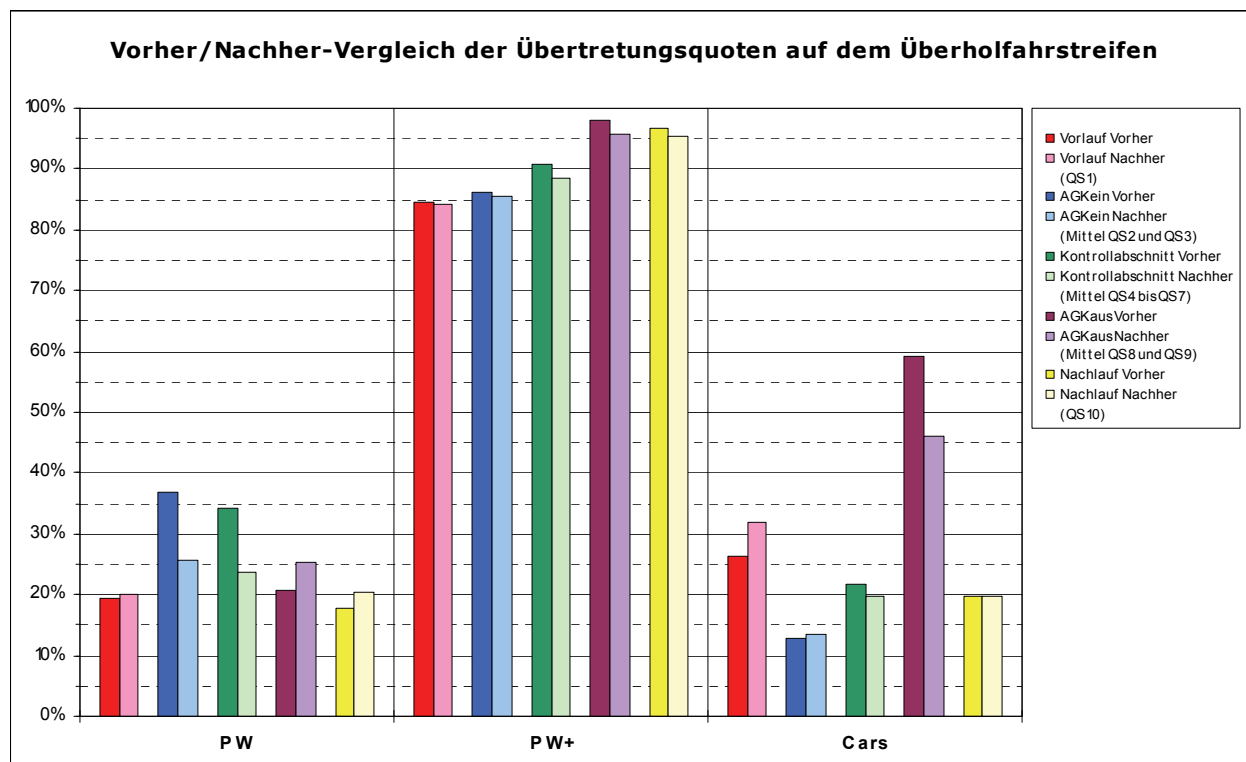


Abbildung 80: Vorher/Nachher-Vergleich der Übertretungsquoten auf dem Überholfahrstreifen im Pilotabschnitt A2 Arisdorftunnel in Abhängigkeit der Fahrzeuggruppe

6 Pilotabschnitt A9 Aigle – Bex-Nord

6.1 Untersuchungsstrecke

Der Pilotabschnitt „Freie Strecke“ liegt auf der A9 in Fahrtrichtung Sion zwischen dem Anschluss A9 (17) Aigle und dem Anschluss A9 (19) Bex-Nord. Der Kontrollabschnitt erstreckt sich von km 48.500 bis km 55.750 und weist eine Gesamtlänge von 7'250 m auf. Innerhalb des Kontrollabschnitts liegt der Vollanschluss A9 (18) St. Triphon.

Der Pilotabschnitt weist über die gesamte Länge normale Ausbaugrößen mit zwei Fahrstreifen und Standstreifen auf. Der Abschnitt liegt in der Ebene und zeichnet sich durch eine gestreckte horizontale Linienführung mit einer sehr geringen Kurvigkeit aus. Die Sichtverhältnisse werden daher durch die Linienführung kaum beeinträchtigt, die Strecke ist übersichtlich.

Auf dem gesamten Abschnitt (Kontrollabschnitt inkl. Vorlauf-/Nachlaufstrecke) gilt die generelle Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h. Stromaufwärts vom Pilotabschnitt befindet sich zwischen dem Anschluss A9 (16) Villeneuve und der Raststätte Le Chablais ausserdem eine Punktkontrolle, welche im Mittelstreifen angeordnet ist.

6.2 Messanordnung und Durchführung der Messungen

Im Rahmen der begleitenden Messkampagne sollte der Pilotabschnitt „Freie Strecke“ ursprünglich mit 11 fest installierten Messquerschnitten zur permanenten Verkehrsdatenerfassung ausgerüstet werden. Ausserdem war vorgesehen, auch auf diesem Abschnitt eine fest installierte AGK einzurichten (vgl. Kapitel 1.2 sowie ANHANG E.1). Aus diversen Gründen verzögerten sich einerseits die Installation der permanenten Messquerschnitte und andererseits die Installation der AGK selbst, so dass im Laufe des Projekts entschieden wurde, auf diesem Abschnitt als Übergangslösung Seitenradargeräte und die für Baustellenbereiche vorgesehene semi-portable AGK einzusetzen, um über entsprechende Datengrundlagen zu verfügen – wenn auch im Vergleich zum Pilotabschnitt „Tunnel“ in stark reduziertem Umfang. Die resultierende Messanordnung dieser Übergangslösung ist in der folgenden Abbildung dargestellt (vgl. auch ANHANG E.2).

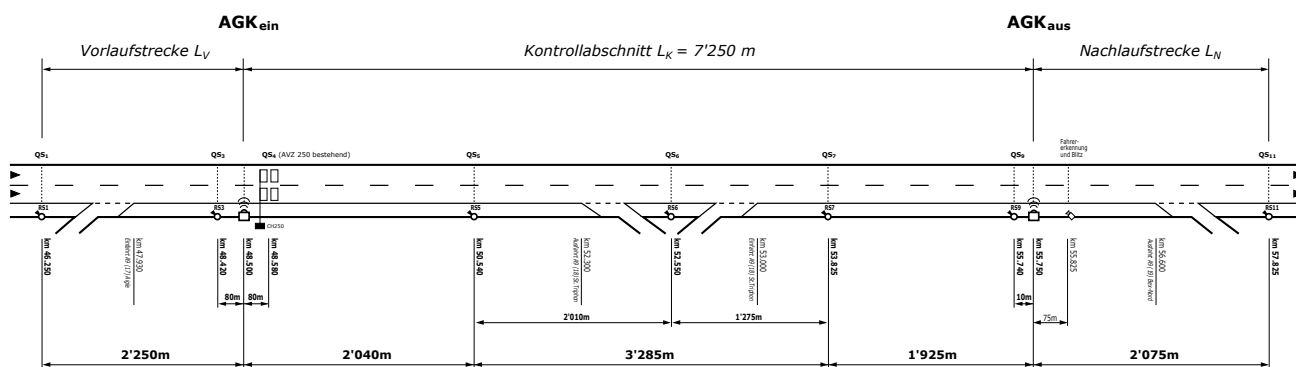


Abbildung 81: Prinzipschema Messanordnung und Standort semi-portable AGK (Übergangslösung) im Pilotabschnitt „Freie Strecke“, A9 Aigle – Bex-Nord, Fahrtrichtung Sion

Von den ursprünglich 11 vorgesehenen Messquerschnitten wurden 7 Querschnitte mit Seitenradargeräten vom Typ ViaCount II ausgerüstet. Dabei wurde auf eine Verdichtung der Messquerschnitte im Bereich des Ein- und Austrittsquerschnitts verzichtet. Zusätzlich konnten die Daten der bestehenden permanenten AVZ Messstelle CH250 (Aigle AR) in die Auswertungen miteinbezogen werden (Messquerschnitt QS 4).

Für die Untersuchung des Geschwindigkeitsverhaltens im Vorlauf und Nachlauf des kontrollierten Abschnitts werden die Daten des Messquerschnitts QS 1 (RS1) 2'250 m vor dem AGK Eintrittsquerschnitt respektive diejenigen des Messquerschnitts QS 11 (RS11) 2'075 m nach dem AGK Austrittsquerschnitt herangezogen. Bei diesen Abständen wird angenommen, dass die Anlage selbst keinen Einfluss auf das Fahrverhalten ausübt.

6.3 Art und Umfang der Datenauswertung

In diesem Abschnitt wird auf die bei den Auswertungen vorgenommene Unterscheidung nach Fahrzeugkategorien, die Stichprobengrößen der über die verschiedenen Versuchsphasen angefallenen Daten sowie auf die Art der Auswertung eingegangen.

6.3.1 Fahrzeuggruppen

Bedingt durch das verwendete Messsystem mit den rechtsseitig angeordneten Radarsensoren ist beim Pilotabschnitt „Freie Strecke“ hinsichtlich der Fahrzeugart eine Differenzierung nach SWISS10 nicht möglich⁵⁹. Mit dem Messsystem werden neben der Durchfahrtszeit lediglich die Geschwindigkeiten von „Fahrzeugen“ erfasst sowie eine näherungsweise Längenmessung mittels Radarstrahl durchgeführt.

Da die Ausbreitung des Radarstrahls quasi optisch erfolgt, wobei die Sendeantenne den Strahl idealisiert zu einem Kegel formt, benötigt der Radarsensor „freie Sicht“ auf das zu messende Fahrzeug. Bei einer Messung über beide Fahrstreifen (Normal und Überhol) ist dies bei parallel fahrenden Fahrzeugen im Radarstrahl nicht gegeben. Hinsichtlich Fahrzeuglänge und -anzahl ist somit eine Messung über beide Fahrstreifen prinzipiell fehlerbehaftet, wenn sich mehrere Fahrzeuge gleichzeitig im Strahl befinden. Der Fehler nimmt mit steigender Verkehrsdichte zu und führt im Extremfall zum kompletten Verlust der Fahrzeuge auf dem vom Sensor entfernteren Überholfahrstreifen.

Der Abstand der Fahrzeuge zum Fahrbahnrand sowie die Messposition haben zudem einen grossen Einfluss auf die gemessenen Fahrzeuglängen. Je weiter ein Fahrzeug vom Sensor entfernt erfasst wird, desto mehr wird dessen Länge überschätzt⁶⁰. Da sich die Mess- bzw. Erfassungsdistanz zwischen Sensor und Fahrzeug jedoch nicht auslesen lässt, ist eine fahrstreifenfeine Zuordnung der Fahrzeuge nicht möglich und dementsprechend mit Unsicherheiten behaftet ist auch die Längenmessung.

Unter Berücksichtigung der erwähnten Einschränkungen in Bezug auf die Längenmessung und die Fahrstreifenzuordnung erfolgt daher – neben der Auswertung für alle Fahrzeuge – lediglich eine grobe Unterscheidung zwischen den Gruppen Personenwagen PW (elektrische Länge < 12 m) und Lastwagen LW (elektrische Länge > 12 m), jeweils für beide Fahrstreifen zusammen. Zudem wird nach dem Kriterium der Zeitlücke (vgl. 3.4) die Gruppe ungehindert fahrender Fahrzeuge unterschieden.

⁵⁹ Davon ausgenommen ist die permanente Messstelle CH250, welche eine SWISS10 Klassifizierung erlaubt.

⁶⁰ Bei einem Fahrbahnabstand von 3 m (Breite Pannestreifen inkl. Bankett) wird ein PW mit einer physikalischen Länge von 520 cm auf dem Normalfahrstreifen mit einer elektrischen Länge von bis zu 800 cm registriert.

6.3.2 Stichprobengrösse

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden auf dem Pilotabschnitt A9 Aigle – Bex-Nord zwischen dem 26. April 2011 und dem 31. Juli 2011 (ohne Berücksichtigung der einmonatigen Zwischen-Phase) insgesamt 844'062 Fahrzeuge erfasst. Diese Angaben beziehen sich auf den Messquerschnitt QS 5.

	Vorher-Phase 26.04.2011 – 27.05.2011	Nachher-Phase 1 28.06.2011 – 31.07.2011	Total
Anzahl Alle Fahrzeuge	545'465	298'597	844'062
davon <i>frei fahrend</i>	167'132	76'483	243'615
Anzahl PW (L < 12 m)	516'639	284'335	800'974
Anzahl LW (L > 12 m)	23'246	11'350	34'596

Tabelle 35: Stichprobenumfang der Messdaten je Versuchsphase und Fahrzeuggruppe

6.3.3 Auswertesoftware

Die Erfassung der Geschwindigkeiten von Fahrzeugen (im Querschnitt) sowie deren (elektrische) Längenmessung erfolgten mittels am rechten Fahrbahnrand angeordneten Seitenradargeräten vom Typ ViaCount II. Die an den 7 temporären Messquerschnitten erhobenen Einzelfahrzeugdaten werden als binäre Rohdaten einmal täglich über eine GPRS-Verbindung via SMTP als Anhang an eine definierte E-Mail Adresse gesendet. Für die vorliegende Untersuchung mussten die Tagesdatensätze von jeder Messstelle zunächst manuell mit einer herstellerspezifischen Software (ViaGraph) in ein Textformat konvertiert werden, bevor die Messdaten in einer lokalen MySQL Datenbank abgelegt werden konnten. Die anschliessenden numerischen Berechnungen wurden wiederum in „Octave“ durchgeführt.

Die Rohdatenstruktur der mit Seitenradargeräten ausgestatteten temporären Messquerschnitte ist wie folgt definiert (ViaCount II):

```
120;375;2.66;22.12.09 14:05:21
95;483;5.55;22.12.09 14:05:21
123;509;3.12;22.12.09 14:05:22
112;542;6.35;22.12.09 14:05:28
104;484;1.14;22.12.09 14:05:30
106;465;0.8;22.12.09 14:05:31
117;579;1.66;22.12.09 14:05:33
128;1005;1.31;22.12.09 14:05:35
116;479;13.76;22.12.09 14:05:48
92;484;3.69;22.12.09 14:05:52
97;503;2.27;22.12.09 14:05:55
88;529;0.84;22.12.09 14:05:56
...
```

Pro Fahrzeug wird eine Zeile ausgegeben, wobei die Einzelwerte mit einem Semikolon getrennt werden. Der erste Wert steht für die gemessene Geschwindigkeit (zwischen 0-255 km/h), der zweite Wert steht für die (elektrische) Fahrzeuglänge (0-65535 Einheiten). Der dritte Wert steht für die Nettozeitlücke (0,00 s-655,0 s). Danach folgen die Werte für Datum (tt.mm.jj) und Zeit (hh:mm:ss). Bei der Nettozeitlücke gilt zu berücksichtigen, dass diese lediglich den zeitlichen Abstand zum vorgängig erfassten Fahrzeug darstellt, unabhängig auf welchem Fahrstreifen sich dieses befand. Aus diesem Grund ist auch eine Analyse des Abstandsverhaltens beim Pilotabschnitt „Freie Strecke“ nicht möglich.

6.4 Charakteristik des Verkehrsablaufs

Die Charakteristik des Verkehrsgeschehens im Pilotabschnitt „A9 Aigle – Bex-Nord“ wurde anhand der Auswertung der Zählstelle CH250 (Messquerschnitt 4) für das Jahr 2010 bestimmt. Insgesamt registrierte die Zählstelle im Jahr 2010 7'313'670 Fahrzeuge in Fahrtrichtung Sion. Dies entspricht einem richtungsbezogenen durchschnittlichen täglichen Verkehr (DTV) von 20'043 Fahrzeugen bei einem LW-Anteil von durchschnittlich 4.3 % (900 LW/Tag).

Die Jahresganglinie für den DTV zeigt den Einfluss des Ferienreiseverkehrs in den Sommermonaten Juli und August mit überdurchschnittlichen Verkehrsbelastungen von bis zu 114% des DTV. Etwas abgeschwächer gilt dies auch für die Wintermonate Februar und März.

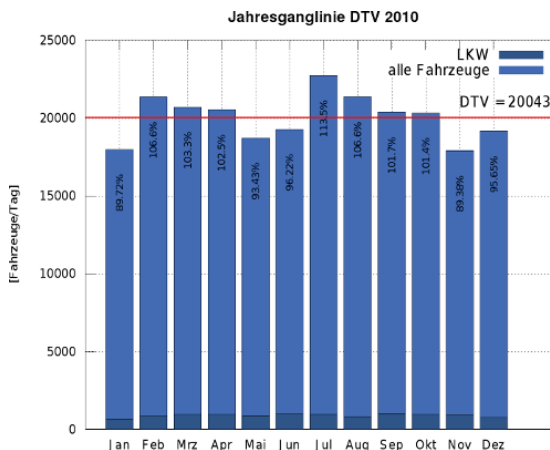


Abbildung 82: Jahresganglinie des durchschnittlichen täglichen Verkehrs im Pilotabschnitt „A9 Aigle – Bex-Nord“ in Fahrtrichtung Sion für das Jahr 2010 (Zählstelle CH250)

Der Einfluss des Ferienreiseverkehrs in den erwähnten Sommer- und Wintermonaten kommt noch deutlicher zum Vorschein bei der Gegenüberstellung der Jahresganglinien für den durchschnittlichen Verkehr an Werktagen bzw. an Wochenenden. Gemessen am gesamten Verkehrsaufkommen überwiegt sogar der Wochenendverkehr, wie der Vergleich des durchschnittlichen Verkehrs an Werktagen (DWV) mit demjenigen an Samstagen und Sonntagen (DSaSoV) zeigt. Der jährliche DWV liegt mit 19'941 Fahrzeugen pro Tag (1'174 LW/Tag, 5.6 %) leicht unter dem jährlichen DSaSoV mit 20'303 Fahrzeugen pro Tag (209 LW/Tag, 1.0 %).

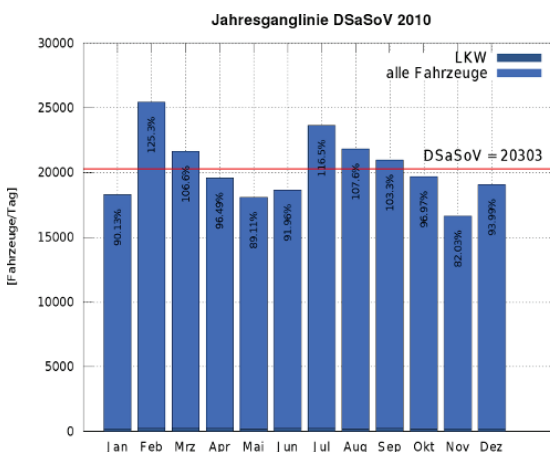
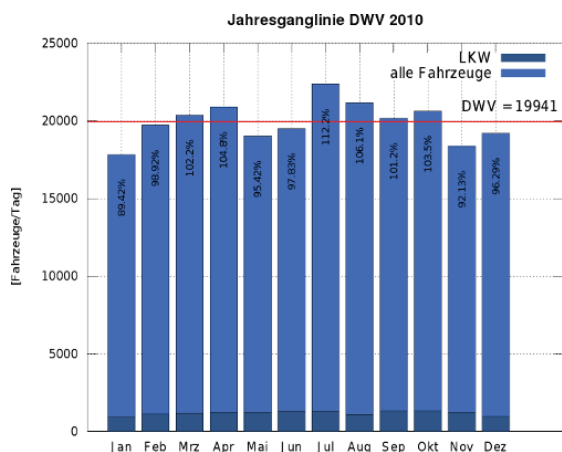
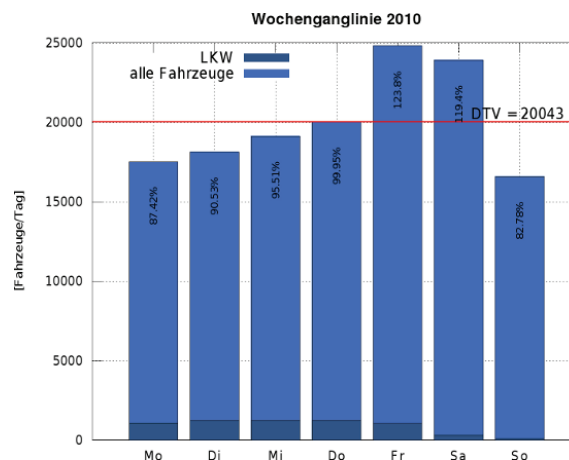


Abbildung 83: Jahresganglinien des durchschnittlichen Verkehrs an Werktagen DWV (links) sowie an Samstagen und Sonntagen DSaSoV (rechts) im Pilotabschnitt „A9 Aigle – Bex-Nord“ in Fahrtrichtung Sion für das Jahr 2010 (Zählstelle CH250)

Dieser Sachverhalt lässt sich an der Wochenganglinie noch besser beobachten. Das Verkehrsaufkommen ist über das gesamte Jahr 2010 betrachtet an Wochenenden (Samstag und Sonntag zusammen) um durchschnittlich 1.1 % höher als an Werktagen (Montag bis Freitag). Während an Freitagen durchschnittlich die höchsten Verkehrsbelastungen registriert werden (Überlagerung von Pendler- und Freizeitverkehr), zeichnet sich der Sonntag als verkehrsärmster Wochentag aus.

Abbildung 84: Wochenganglinie des durchschnittlichen täglichen Verkehrs im Pilotabschnitt „A9 Aigle – Bex-Nord“ in Fahrtrichtung Sion für das Jahr 2010 (Zählstelle CH250)



Die Analyse der Tagesganglinien hat ergeben, dass an Werktagen eine deutliche Abendspitze zwischen 17-18 Uhr mit durchschnittlich 2'016 Mfz/h existiert. Eine eigentliche Morgenspitze ist hingegen nicht erkennbar. Zwischen 7-15 Uhr bewegen sich die stündlichen Verkehrsmengen im Bereich zwischen rund 1'000 bis 1'200 Mfz/h. Die effektive Leistungsfähigkeit des zweistreifigen Pilotabschnitts liegt gemäss VSS-Norm⁶¹ etwa bei 3'800 Mfz/h (LW-Anteil 5...15%, Steigung < 2%, V_{zul} 120 km/h). Für die durchschnittliche Abendspitzenstunde beträgt somit der maximale Auslastungsgrad 53%. Dies entspricht einer guten Verkehrsqualitätsstufe B, welche sich gemäss Definition durch einen nahezu freien Verkehrsfluss mit einer nur geringfügigen Beeinträchtigung der Bewegungsfreiheit auszeichnet. Unter normalen Betriebsbedingungen treten somit keine Verkehrsstörungen im Pilotabschnitt „A9 Aigle – Bex-Nord“ auf.

An Wochenenden steigt die Verkehrsbelastung morgens bis zum Mittag kontinuierlich auf rund 1'770 Mfz/h an. Danach reduziert sich die Belastung etwas und stagniert bis zum Abend auf einem Niveau von rund 1'400 Mfz/h. Ab 18 Uhr neben die Belastungen wieder kontinuierlich ab.

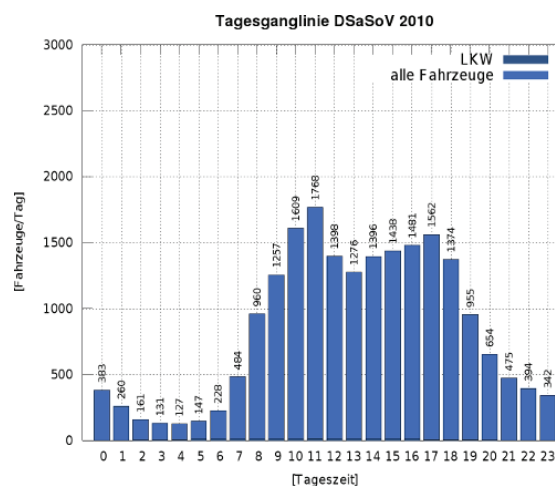
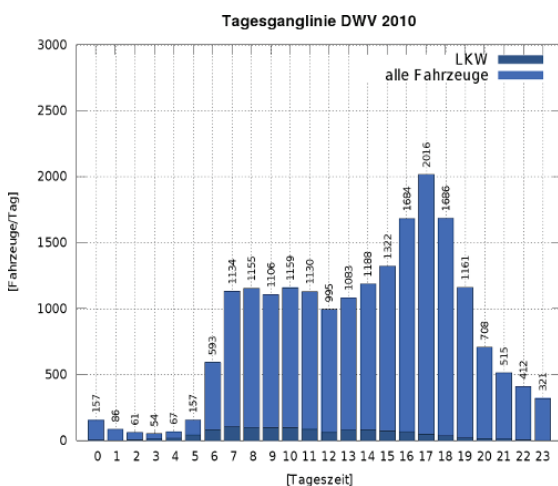


Abbildung 85: Tagesganglinien des durchschnittlichen Verkehrs an Werktagen (links) sowie an Samstagen und Sonntagen (rechts) im Pilotabschnitt „A9 Aigle – Bex-Nord“ in Fahrtrichtung Sion für das Jahr 2010 (Zählstelle CH250)

⁶¹ VSS-Norm SN 640 018a „Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit; Freie Strecke auf Autobahnen“

7 Messergebnisse A9 Aigle – Bex-Nord

In den folgenden Abschnitten werden die ausgewerteten Messungen für die beiden Versuchsphasen „Vorher“ und „Nachher“ beschrieben. Aufgrund der bereits angesprochenen Einschränkungen bei den eingesetzten Messgeräten für die Verkehrsdatenerfassung lässt sich auf dem Pilotabschnitt „Freie Strecke“ das Abstandsverhalten Vorher/Nachher nicht analysieren. Die Ergebnisse umfassen daher ausschliesslich den folgenden Erhebungsbereich:

- Geschwindigkeitsverhalten Vorher/Nachher

Beim Geschwindigkeitsverhalten Vorher/Nachher stehen Geschwindigkeitsverläufe und deren Streuung sowie der Befolgungsgrad der zulässigen Höchstgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Fahrzeugkategorie im Vordergrund. Dabei stellen sich wiederum die folgenden Fragen (vgl. auch Kapitel 1.3):

- Hat sich durch die Installation der AGK eine verbesserte Homogenität der Geschwindigkeiten ergeben?
- Haben sich durch die Installation der AGK entlang der Strecke Geschwindigkeitsverläufe mit einer verbesserten Anpassung an die zulässige Höchstgeschwindigkeit ergeben?
- Hat die Installation der AGK zu einer besseren Einhaltung der fahrzeugspezifischen zulässigen Höchstgeschwindigkeit geführt?

Die erste Frage wird anhand der Geschwindigkeitsverteilungen in den einzelnen Messquerschnitten untersucht. Die zweite Frage wird auf Grund von Geschwindigkeitsdifferenzen und Beschleunigungen zwischen bestimmten Messquerschnitten geprüft. Die dritte Frage wird anhand der Anteile der Geschwindigkeitsübertretungen in den einzelnen Messquerschnitten analysiert.

In den nachfolgenden Abbildungen und Tabellen werden jeweils die Vorher- und die Nachher-Phase einander gegenüber gestellt, um die Veränderungen zu veranschaulichen. Die Ergebnisse sind in die gemäss Kapitel 6.3.1 definierten Fahrzeuggruppen gegliedert mit einer zusätzlichen Unterscheidung von ungehindert fahrenden Fahrzeugen. Diese auch als „frei fahrend“ bezeichneten Fahrzeuge weisen zum jeweils voraus fahrenden Fahrzeug eine Zeitlücke von 4 Sekunden oder grösser auf und es wird angenommen, dass diese Fahrzeuge in der Wahl ihrer Geschwindigkeit nicht durch voraus fahrende Fahrzeuge beeinflusst werden. Ausführliche Angaben und Darstellungen zu den Messergebnissen der einzelnen Untersuchungsphasen befinden sich in ANHANG F.

Bei den Auswertungen der Rohdaten in den einzelnen Messquerschnitten zeigte sich, dass die im Messquerschnitt QS 7 erhobenen Werte mit grosser Wahrscheinlichkeit fehlerhaft sind. Einerseits wurden an diesem Messquerschnitt über beide Versuchsphasen nur etwa halb so viele Fahrzeuge registriert wie an den benachbarten Messquerschnitten QS 6 und QS 9. Andererseits lagen die in QS 7 berechneten mittleren Geschwindigkeiten in beiden Versuchsphasen rund 15 bis 20 km/h unter den Werten der jeweils benachbarten Messquerschnitte QS 6 und QS 9. Aus diesen Gründen wurde der Messquerschnitt QS 7 in den folgenden Auswertungen nicht weiter berücksichtigt.

7.1 Alle Fahrzeuge

7.1.1 Geschwindigkeitsverhalten aller Fahrzeuge

Die Messergebnisse basieren auf den Angaben in ANHANG F.1 und können – bedingt durch die Einschränkungen der verwendeten Erfassungsgeräte – nur für beide Fahrstreifen zusammen (NS+ÜS) d.h. für den jeweiligen Messquerschnitt dargestellt werden. Eine Unterscheidung nach Normal- und Überholfahrstreifen ist nicht möglich.

Die Veränderungen der Geschwindigkeitsverteilung im Bereich des Pilotabschnitts „A9 Aigle – Bex-Nord“ werden in den einzelnen Messquerschnitten (QS i) auf Grund der Standardabweichungen (S), welche die Streuung der Messwerte um den Mittelwert der Geschwindigkeit charakterisieren, untersucht.

Die folgenden Tabellen zeigen jeweils eine Gegenüberstellung der Ergebnisse für die „Vorher-“ und „Nachher-Phase“ für alle Fahrzeuge mit einer zusätzlichen Unterscheidung nach frei fahrenden Fahrzeugen. Im rechten Teil der Tabellen sind jeweils die Mittelwerte von S für bestimmte Teilabschnitte angegeben. Die Spalte „1/3“ enthält die Mittelwerte für die Vorlaufstrecke, die Spalte „9/11“ jene für die Nachlaufstrecke. Die Mittelwerte für den Eintrittsbereich der AGK sind in Spalte „3/4“ angegeben, während im Austrittsbereich der AGK lediglich 1 Messquerschnitt (QS 9) vorhanden ist. Die Spalten „4/5“, „5/6“, und „6/9“ schliesslich enthalten die Mittelwerte für das erste, zweite und dritte Drittel des Kontrollabschnitts und dienen zur Überprüfung allfälliger Kompensationseffekte.

7.1.1.1 Geschwindigkeitsverteilung aller Fahrzeuge

Standardabweichung S [km/h]														
Alle Fahrzeuge ($\Delta t > 0$ s)														
		Vor- lauf	AGK _{ein}	Kontrollabschnitt			AGK _{aus}	Nach- lauf	Mittelwerte					
Phase	QS	1	3	4	5	6	9	11	1/3	3/4	4/5	5/6	6/9	9/11
Vorher	NS+ÜS	14.6	13.6	13.3	13.1	13.6	14.0	13.9	14.1	13.6	13.2	13.6	13.8	14.8
Nachher	NS+ÜS	13.7	11.2	11.2	11.3	11.4	11.5	11.4	13.1	11.3	11.3	11.7	11.6	11.4
Differenz	ΔS	0.9	2.4	2.1	1.8	2.2	2.5	2.5	1.0	2.3	1.9	1.9	2.2	3.4

Tabelle 36: Vorher/Nachher-Vergleich der Standardabweichungen für alle Fahrzeuge

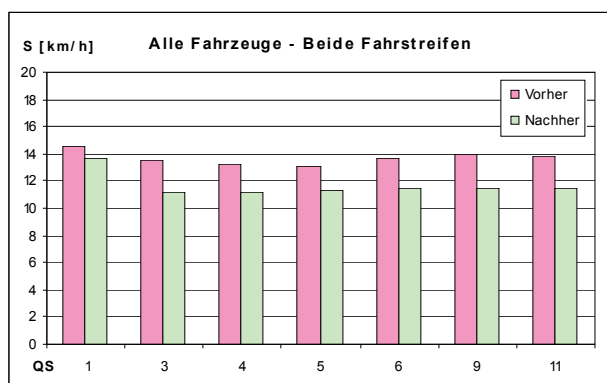


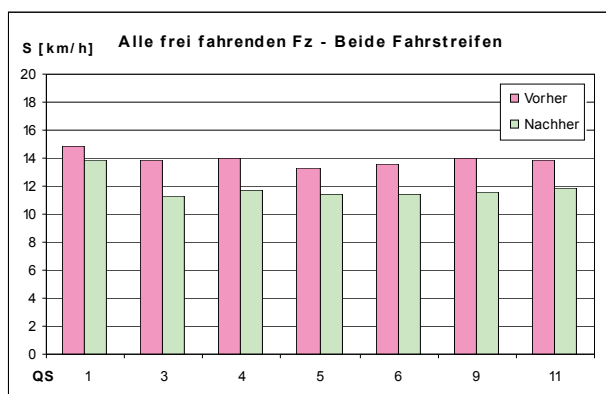
Abbildung 86: Veränderung der Standardabweichungen aller Fahrzeuge für beide Fahrstreifen

Kommentar:

- Während sich in der Vorher-Phase die querschnittsbezogenen Standardabweichungen bis etwa zum Messquerschnitt QS 5 kontinuierlich reduzierten, ist die Reduktion in der Nachher-Phase bereits in Messquerschnitt QS 3 unmittelbar vor dem AGK Eintrittsquerschnitt erreicht. In beiden Versuchs-Phasen sind die grössten Reduktionen innerhalb der Vorlaufstrecke (von QS 1 nach QS 3) zu beobachten.
- Während sich die Standardabweichungen nach dem Messquerschnitt QS 5 (nach dem ersten Drittel des Kontrollabschnitts) in der Vorher-Phase wieder geringfügig erhöhen, verbleiben die Standardabweichung in der Nachher-Phase über den gesamten Kontrollabschnitt sowie in der Nachlaufstrecke (QS 11) auf einem konstant tieferen Niveau als in der Vorher-Phase.
- Grundsätzlich sind die Standardabweichungen in der Nachher-Phase in allen Messquerschnitten wesentlich tiefer als in der Vorher-Phase. Bereits in der Vorlaufstrecke (QS 1) beträgt der Unterschied 0.9 km/h. Im Bereich des AGK Eintrittsquerschnitts (QS 3) erhöht sich die Differenz der Standardabweichungen auf 2.4 km/h ! Innerhalb des Kontrollabschnitts (QS 4 bis QS 6) liegen die Unterschiede zwischen 1.8 und 2.2 km/h. Beim AGK Austrittsquerschnitt (QS 9) mit dem Fahrererkennungssystem sowie im Nachlauf (QS 11) treten mit 2.5 km/h die grössten Reduktionen der Standardabweichungen auf, in einer ähnlichen Grössenordnung wie beim AGK Eintrittsquerschnitt. Die AGK hat somit nicht nur innerhalb des Kontrollabschnitts sondern auch im Vor- und Nachlauf zu einem deutlich homogenen Verkehrsablauf geführt.

7.1.1.2 Geschwindigkeitsverteilung aller frei fahrenden Fahrzeuge

Standardabweichung S [km/h]														
Alle frei fahrenden Fahrzeuge ($\Delta t \geq 4$ s)														
Phase	QS	Vor- lauf	AGK _{ein}	Kontrollabschnitt			AGK _{aus}	Nach- lauf	Mittelwerte					
		1	3	4	5	6	9	11	1/3	3/4	4/5	5/6	6/9	9/11
Vorher	NS+ÜS	14.9	13.9	14.1	13.3	13.6	14.0	13.8	14.4	14.0	13.8	13.7	13.8	14.9
Nachher	NS+ÜS	13.9	11.3	11.7	11.5	11.5	11.5	11.9	13.3	11.5	11.6	11.7	11.6	11.7
Differenz	ΔS	1.0	2.6	2.4	1.8	2.1	2.5	1.9	1.1	2.5	2.2	2.0	2.2	3.2

Tabelle 37: Vorher/Nachher-Vergleich der Standardabweichungen für alle frei fahrenden Fahrzeuge**Abbildung 87: Veränderung der Standardabweichungen aller frei fahrenden Fahrzeuge für beide Fahrstreifen**

Kommentar:

- Generell lässt sich feststellen, dass zwischen der Gruppe „alle Fahrzeuge“ und der Gruppe „alle frei fahrenden Fahrzeuge“ in Bezug auf die Geschwindigkeitsverteilungen in beiden Versuchsphasen nur sehr geringe Unterschiede bestehen. In den meisten Messquerschnitten liegen die Standardabweichungen der frei fahrenden Fahrzeuge nur um 0.1 bis 0.2 km/h über den Werten für alle Fahrzeuge oder haben sich gar nicht erhöht. Eine Ausnahme bildet der Messquerschnitt QS 4 (AVZ 250), wo die Standardabweichungen der frei fahrenden Fahrzeuge um 0.8 km/h (Vorher) bzw. 0.5 km/h (Nachher) höher liegen als für alle Fahrzeuge.
- Im Vorher/Nachher-Vergleich sind die Differenzen ΔS für die frei fahrenden Fahrzeuge in etwa vergleichbar mit den Ergebnissen für alle Fahrzeuge.

7.1.1.3 Geschwindigkeitsverlauf aller Fahrzeuge

Die Veränderungen im Geschwindigkeitsverlauf im Bereich des Pilotabschnitts „A9 Aigle – Bex-Nord“ werden auf Grund der Geschwindigkeitsdifferenzen (ΔV) zwischen den Messquerschnitten und den daraus resultierenden mittleren Beschleunigungen (a_m) untersucht. Bei den Geschwindigkeitsverläufen muss jedoch auf die Besonderheit bei den verwendeten Erfassungsgeräten (Seitenradargeräte vom Typ ViaCount II) hingewiesen werden, welche mit Ausnahme von QS 4 (fest installierte AVZ 250 mit Doppel-Induktionsschlaufen) in sämtlichen Messquerschnitten zum Einsatz kamen.

Wie aus der folgenden Abbildung ersichtlich, ist bereits in der Vorher-Phase im Bereich des AGK Eintrittsquerschnitts ein deutlicher Abfall der Geschwindigkeit zwischen dem Messquerschnitt QS 3 (Seitenradar) und dem Messquerschnitt QS 4 (AVZ 250) zu erkennen, obwohl die AGK Anlage noch gar nicht installiert war. Wird davon ausgegangen, dass der mit Doppel-Induktionsschlaufen ausgestattete Messquerschnitt QS 4 kalibriert ist und somit die Geschwindigkeiten zuverlässiger erfassen sollte, legt dieser Umstand die Vermutung nahe, dass bei den Messungen mit den Seitenradargeräten – insbesondere im Messquerschnitt QS 3 – höhere Geschwindigkeiten ermittelt wurden, als effektiv gefahren wurden⁶². Vor diesem Hintergrund sind die vorliegenden absoluten Geschwindigkeitswerte mit Vorbehalt zu betrachten. Da die Messinstallation zwischen den beiden für die Auswertungen herangezogenen Versuchsphasen Vorher/Nachher jedoch nicht verändert wurde, lässt sich die Wirkung der AGK dennoch beschreiben.

Die Abbildung 88 zeigt die Geschwindigkeitsverläufe für die Gruppe alle Fahrzeuge im Vorher/Nachher-Vergleich. Dargestellt sind jeweils die querschnittsbezogenen mittleren Geschwindigkeiten sowie $V_{85\%}$ -Werte, wobei die Punkte die Lage der Messquerschnitte markieren.

⁶² Die Zuverlässigkeit und Genauigkeit von Geschwindigkeitsmessungen auf HLS mit Seitenradargeräten wird demnächst im Rahmen von Vergleichsmessungen mit im Fahrbahnbelag eingelegten Piezo-Sensoren ermittelt. Die Tests werden im Auftrag des ASTRA an der geeichten Messstelle des METAS auf der A6 bei Münsingen durchgeführt. Von besonderem Interesse ist dabei der Einfluss der Positionierung und Ausrichtung der Seitenradargeräte auf die Grösse des Messfehlers.

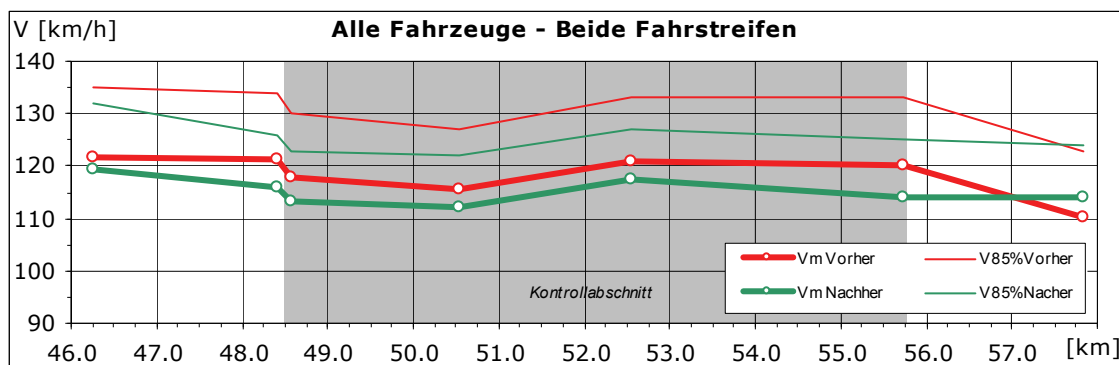


Abbildung 88: Vorher/Nachher-Vergleich der Geschwindigkeitsverläufe aller Fahrzeuge für beide Fahrstreifen

Während sich in der Vorher-Phase die Geschwindigkeiten im Bereich der Vorlaufstrecke (von QS 1 nach QS 3) nur unwesentlich reduzierten, zeichnen sich die Verläufe in diesem Bereich in der Nachher-Phase durch eine gemächliche Verlangsamung bis vor den AGK Eintrittsquerschnitt aus.

Bereits angesprochen wurde der starke Geschwindigkeitsabfall im Bereich des AGK Eintrittsquerschnitts zwischen QS 3 und QS 4, welcher in beiden Versuchsphasen zu beobachten und mit grosser Wahrscheinlichkeit auf die Ungenauigkeit der eingesetzten Messgeräte zurückzuführen ist. Aus diesem Grund wird auf eine Interpretation der punktuellen Wirkung der sichtbaren Anlagenteile der AGK im Eintrittsquerschnitt verzichtet.

Innerhalb des Kontrollabschnitts reduzieren sich die Geschwindigkeiten im ersten Drittel des Kontrollabschnitts unabhängig von der Versuchsphase nochmals geringfügig und erreichen in QS 5 die tiefsten Werte. Im Mitteldrittel des Kontrollabschnitts mit dem Vollanschluss St. Triphon steigen die Geschwindigkeiten in beiden Versuchs-Phasen wieder an, in der Vorher-Phase in etwa auf das Niveau im Vorlauf, in der Nachher-Phase etwas darunter. Im letzten Drittel schliesslich bleiben die Verläufe in der Vorher-Phase konstant, während in der Nachher-Phase wieder eine Reduktion auf ein Niveau zu beobachten ist, dass bis in den Nachlauf konstant bleibt.

Die im letzten Messquerschnitt QS 11 im Nachlauf feststellbaren Unterschiede zwischen der Vorher- und der Nachher-Phase rühren daher, dass in der Vorher-Phase in diesem Messquerschnitt auf Grund von Unterhaltsarbeiten stromabwärts während längerer Zeit eine Geschwindigkeitsreduktion von 100 km/h signalisiert war, in der Nachher-Phase hingegen nicht. Vorher/Nachher-Vergleiche für die Nachlaufstrecke können somit nur bedingt angestellt werden.

Anhand der nachfolgenden Tabelle werden die Auswirkungen der AGK auf die mittleren Geschwindigkeiten im Vorher/Nachher-Vergleich beurteilt. Die Tabelle ist ähnlich aufgebaut wie diejenige zu den Geschwindigkeitsverteilungen, wobei im rechten Teil nun die Geschwindigkeitsunterschiede zwischen den Querschnitten ($\Delta V_{x/y}$) und die entsprechenden mittleren Werte (a_m) der Beschleunigungen (+) bzw. Verzögerungen (–) für die Vorlaufstrecke (1/3), den AGK Eintrittsquerschnitt (3/4), den Kontrollabschnitt (4/5, 5/6, 6/9) sowie für die Nachlaufstrecke (9/11) angegeben sind. Für den AGK Austrittsquerschnitt mit dem Fahrererkennungssystem steht hingegen nur ein Messquerschnitt zur Verfügung (QS 9).

Mittlere Geschwindigkeit V_m [km/h], $\Delta V_{x/y}$ [km/h] und a_m [m/s ²]																				
Alle Fahrzeuge ($\Delta t > 0$ s)																				
Phase	QS	Vor- lauf	AGK _{ein}	Kontroll- abschnitt			AGK _{aus}	Nach- lauf	Vorlauf		AGK _{ein}		Kontrollabschnitt						Nachlauf	
		1	3	4	5	6	9	11	$\Delta V_{1/3}$	a_m	$\Delta V_{3/4}$	a_m	$\Delta V_{4/5}$	a_m	$\Delta V_{5/6}$	a_m	$\Delta V_{6/9}$	a_m	$\Delta V_{9/11}$	a_m
Vorher	NS+ÜS	121.8	121.4	117.9	115.6	121.0	120.0	110.1	-0.4	0.00	-3.4	-0.20	-2.3	-0.01	5.4	0.02	-1.0	0.00	-9.9	-0.04
Nachher	NS+ÜS	119.3	115.8	113.2	112.1	117.3	114.0	114.1	-3.5	-0.01	-2.6	-0.14	-1.2	-0.01	5.2	0.02	-3.3	-0.01	0.1	0.00
Differenz	ΔV	2.5	5.6	4.7	3.5	3.7	6.0	-4.0												

Tabelle 38: Vorher/Nachher-Vergleich der mittleren Geschwindigkeiten für alle Fahrzeuge**Kommentar:**

- Bereits zu Beginn der Vorlaufstrecke (QS 1) liegen die mittleren Geschwindigkeiten in der Nachher-Phase deutlich unter denjenigen der Vorher-Phase (2.5 km/h). Die Differenz erhöht sich bis zum AGK Eintrittsquerschnitt weiter und zwar deutlich auf 5.6 km/h. Während sich in der Vorher-Phase die mittleren Geschwindigkeiten innerhalb der Vorlaufstrecke kaum ändern, tritt in der Nachher-Phase eine deutliche Geschwindigkeitsreduktion von 3.5 km/h ein ($\Delta V_{1/3}$).
- Unmittelbar nach dem AGK Eintrittsquerschnitt (QS 4) haben sich die V_m in der Nachher-Phase weiter reduziert, und zwar um 4.7 km/h gegenüber der Vorher-Phase. Diese Reduktion setzt sich, wenn auch leicht weniger ausgeprägt, bis etwa nach dem ersten Drittel des Kontrollabschnitts fort (QS 5), wo unabhängig von der Versuchs-Phase die tiefsten Geschwindigkeiten registriert werden.
- Im mittleren Drittel des Kontrollabschnitts (von QS 5 nach QS 6) steigen die mittleren Geschwindigkeiten unabhängig von der Versuchs-Phase wieder um rund 5 km/h an, wobei die absoluten Werte für die Nachher-Phase aber immer noch deutlich um 3.7 km/h tiefer liegen. Daraus lässt sich folgern, dass das Geschwindigkeitsverhalten von im Anschluss St. Triphon ausfahrenden Fahrzeugen, welche zwar den AGK Eintrittsquerschnitt nicht aber den Austrittsquerschnitt passieren und somit auch nicht kontrolliert werden können, ebenfalls positiv beeinflusst wurde.
- In QS 6 zwischen der Aus- und der Einfahrt St. Triphon werden in beiden Versuchsphasen die höchsten Geschwindigkeiten innerhalb des Kontrollabschnitts erreicht. Dieser Messquerschnitt repräsentiert nur Fahrzeuge, die sowohl den AGK Eintritts- als auch Austrittsquerschnitt passieren.
- Im letzten Drittel des Kontrollabschnitts (von QS 6 nach QS 9) reduzieren sich die mittleren Geschwindigkeiten in beiden Versuchs-Phasen wieder, wobei die Reduktion in der Nachher-Phase mit 3.3 km/h deutlicher ausfällt als in der Vorher-Phase mit lediglich 1 km/h.
- Im Bereich des AGK Austrittsquerschnitt (QS 9) mit dem Fahrererkennungssystem lassen sich zwischen den beiden Versuchs-Phasen die grössten Veränderungen feststellen. Hier haben sich die mittleren Geschwindigkeiten in der Nachher-Phase um 6 km/h auf 114 km/h reduziert. Dieses Niveau wird anschliessend auch in der Nachlaufstrecke gehalten.
- Auf Grund der in der Vorher-Phase signalisierten Geschwindigkeitsreduktion im Bereich des Messquerschnitts QS 11 kann jedoch ein Vorher/Nachher-Vergleich für die Nachlaufstrecke nicht angestellt werden.

- Abschliessend lässt sich festhalten, dass sich die mittleren Geschwindigkeiten über den gesamten Kontrollabschnitt nach Installation der AGK um durchschnittlich 4.7 km/h auf 114.5 km/h reduziert haben (Mittelwert QS 3 bis QS 9). Auch im Vorlauf konnte eine Reduktion um 2.5 km/h festgestellt werden. Die ausgeprägtesten Unterschiede im Vorher-/Nachher-Vergleich treten dabei im AGK Eintritts- und Austrittsquerschnitt auf (Abnahme von 5.6 bzw. 6.0 km/h).

Einfluss auf schnell fahrende Fahrzeuge

Mit der Anordnung von AGK sollen insbesondere die Geschwindigkeiten von wesentlich zu schnell fahrenden Fahrzeugen reduziert werden und damit grosse Geschwindigkeitsunterschiede bzw. grosse Geschwindigkeitsstreuungen vermieden werden. Für die Gruppe „alle Fahrzeuge“ wird der Einfluss der AGK auf die schnell fahrenden Fahrzeuge anhand der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten analysiert.

$V_{85\%}$ Geschwindigkeit [km/h], $\Delta V_{x/y}$ [km/h] und a_m [m/s²]																				
Alle Fahrzeuge ($\Delta t > 0$ s)																				
Phase	QS	Vor- lauf	AGK _{ein}	Kontroll- abschnitt			AGK _{aus}	Nach- lauf	Vorlauf		AGK _{ein}		Kontrollabschnitt						Nachlauf	
		1	3	4	5	6	9	11	$\Delta V_{1/3}$	a_m	$\Delta V_{3/4}$	a_m	$\Delta V_{4/5}$	a_m	$\Delta V_{5/6}$	a_m	$\Delta V_{6/9}$	a_m	$\Delta V_{9/11}$	a_m
Vorher	NS+ÜS	135.0	134.0	130.0	127.0	133.0	133.0	123.0	-1.0	0.00	-4.0	-0.25	-3.0	-0.02	6.0	0.03	0.0	0.00	-10.0	-0.05
Nachher	NS+ÜS	132.0	126.0	123.0	122.0	127.0	125.0	124.0	-6.0	-0.03	-3.0	-0.18	-1.0	0.00	5.0	0.02	-2.0	-0.01	-1.0	0.00
Differenz	ΔV	3.0	8.0	7.0	5.0	6.0	8.0	-1.0												

Tabelle 39: Vorher/Nachher-Vergleich der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten für alle Fahrzeuge

Kommentar:

- Während sich in der Vorher-Phase die $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten innerhalb der Vorlaufstrecke praktisch kaum veränderten, ist in der Nachher-Phase eine ausgeprägte Reduktion von 6 km/h ($\Delta V_{1/3}$) feststellbar.
- Im Bereich des AGK Eintrittsquerschnitts (QS 3) liegen die $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten in der Nachher-Phase deutlich unter denjenigen der Vorher-Phase (8 km/h tiefer). Mit 126 km/h wird die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h aber immer noch überschritten.
- Innerhalb des Kontrollabschnitts haben sich die $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten in der Nachher-Phase ebenfalls um 5 bis 7 km/h reduziert, wobei die grössten Reduktionen im ersten Drittel des Kontrollabschnitts auftreten.
- Im Bereich des AGK Austrittsquerschnitt (QS 9) lassen sich dieselben Reduktionen von 8 km/h wie im Eintrittsquerschnitt beobachten.
- Tendenziell haben sich die $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten im Kontrollabschnitt der geltenden Limite von 120 km/h zwar angenähert, liegen aber durchschnittlich mit 124.6 km/h immer noch um 4.6 km/h darüber. In der Vorher-Phase lag der Mittelwert bei 131.4 km/h (Mittelwert von QS 3 bis QS 9).

7.1.1.4 Geschwindigkeitsverlauf aller frei fahrenden Fahrzeuge

Im folgenden Abschnitt wird untersucht, welchen Einfluss ungehindert fahrenden Fahrzeuge, die in ihrer Geschwindigkeitswahl nicht durch voraus fahrende Fahrzeuge beeinflusst werden, auf den Geschwindigkeitsverlauf und auf die mittleren bzw. die $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten haben.

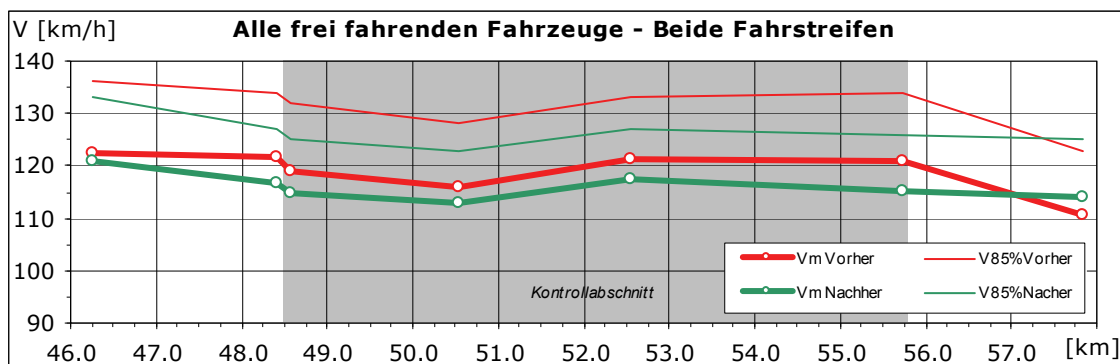


Abbildung 89: Vorher/Nachher-Vergleich der Geschwindigkeitsverläufe aller frei fahrenden Fahrzeuge für beide Fahrstreifen

Die Geschwindigkeitsverläufe der frei fahrenden Fahrzeuge unterscheiden sich in ihrer Charakteristik von den Verläufen aller Fahrzeuge (vgl. Abbildung 88) erwartungsgemäss nicht. Der wesentliche Unterschied liegt in einem höheren Geschwindigkeitsniveau von rund 1-2 km/h. Verglichen mit den Ergebnissen für alle Fahrzeuge resultieren für die frei fahrenden Fahrzeuge bei den V_m geringfügig kleinere Reduktionen im Vorher/Nachher-Vergleich.

Die beiden folgenden Tabellen zeigen die Entwicklung der mittleren Geschwindigkeiten sowie der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten für die frei fahrenden Fahrzeuge im Vorher/Nachher-Vergleich. Grundsätzlich gelten für die frei fahrenden Fahrzeuge dieselben Aussagen wie sie bereits für alle Fahrzeuge gemacht wurden. Die Geschwindigkeitsdifferenzen im Querschnitt sowie im Längsverlauf im Vorher/Nachher-Vergleich sind denjenigen für alle Fahrzeuge ähnlich, mit dem Unterschied, dass absolut betrachtet ein leicht höheres Geschwindigkeitsniveau resultiert.

Mittlere Geschwindigkeit V_m [km/h], $\Delta V_{x/y}$ [km/h] und a_m [m/s ²]																				
Alle frei fahrenden Fahrzeuge ($\Delta t \geq 4$ s)																				
		Vor- lauf	AGK _{ein}	Kontroll- abschnitt			AGK _{aus}	Nach- lauf	Vorlauf		AGK _{ein}		Kontrollabschnitt						Nachlauf	
Phase	QS	1	3	4	5	6	9	11	$\Delta V_{1/3}$	a_m	$\Delta V_{3/4}$	a_m	$\Delta V_{4/5}$	a_m	$\Delta V_{5/6}$	a_m	$\Delta V_{6/9}$	a_m	$\Delta V_{9/11}$	a_m
Vorher	NS+ÜS	122.6	121.8	119.1	116.1	121.1	120.9	110.4	-0.8	0.00	-2.7	-0.16	-3.0	-0.01	5.0	0.02	-0.3	0.00	-10.4	-0.04
Nachher	NS+ÜS	120.9	116.7	114.6	112.8	117.5	115.0	113.9	-4.2	-0.02	-2.0	-0.11	-1.8	-0.01	4.7	0.02	-2.4	-0.01	-1.1	0.00
Differenz	ΔV	1.7	5.1	4.5	3.3	3.6	5.9	-3.5												

Tabelle 40: Vorher/Nachher-Vergleich der mittleren Geschwindigkeiten für alle frei fahrenden Fahrzeuge

$V_{85\%}$ Geschwindigkeit [km/h], $\Delta V_{x/y}$ [km/h] und a_m [m/s²]																				
Alle frei fahrenden Fahrzeuge ($\Delta t \geq 4$ s)																				
Phase	QS	Vor- lauf	AGK _{ein}	Kontroll- abschnitt			AGK _{aus}	Nach- lauf	Vorlauf		AGK _{ein}		Kontrollabschnitt						Nachlauf	
		1	3	4	5	6	9	11	$\Delta V_{1/3}$	a_m	$\Delta V_{3/4}$	a_m	$\Delta V_{4/5}$	a_m	$\Delta V_{5/6}$	a_m	$\Delta V_{6/9}$	a_m	$\Delta V_{9/11}$	a_m
Vorher	NS+ÜS	136.0	134.0	132.0	128.0	133.0	134.0	123.0	-2.0	-0.01	-2.0	-0.13	-4.0	-0.02	5.0	0.03	1.0	0.00	-11.0	-0.05
Nachher	NS+ÜS	133.0	127.0	125.0	123.0	127.0	126.0	125.0	-6.0	-0.03	-2.0	-0.12	-2.0	-0.01	4.0	0.02	-1.0	0.00	-1.0	0.00
Differenz	ΔV	3.0	7.0	7.0	5.0	6.0	8.0	-2.0												

Tabelle 41: Vorher/Nachher-Vergleich der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten für alle frei fahrenden Fahrzeuge

7.2 Personenwagen

7.2.1 Geschwindigkeitsverhalten von Personenwagen

Im folgenden Abschnitt wird auf die Auswirkungen der AGK auf das Geschwindigkeitsverhalten von Fahrzeugen der Gruppe „Personenwagen“ näher eingegangen. Die Klassifizierung dieser Fahrzeuggruppe erfolgte näherungsweise anhand einer Auswertung der Verteilung der elektrischen Längenmessungen mittels der Seitenradargeräte im Vergleich zu den „zuverlässigen“ Klassifizierungsergebnissen der AVZ 250 (QS 4). Daraus ergab sich, dass 95.7% aller erfassten Fahrzeuge eine elektrische Länge von bis zu 12 m aufweisen. Die restlichen 4.3 % der Fahrzeuge, was in etwa dem LW-Anteil an Werktagen entspricht, weisen hingegen grössere Längenwerte auf. Für sämtliche fahrzeugspezifischen Analysen wurde in der Folge der elektrische Längenwert von 12 m als Klassifizierungsgrenze zwischen Personenwagen und Lastwagen bei den mit Seitenradargeräten ausgerüsteten Messquerschnitten verwendet.

Die Veränderungen der Geschwindigkeitsverteilung für die Gruppe der Personenwagen werden in den einzelnen Messquerschnitten (QS i) auf Grund der Standardabweichungen (S) untersucht.

Die folgenden Tabellen zeigen wiederum eine Gegenüberstellung der Ergebnisse für die „Vorher-“ und „Nachher-Phase“ für die Gruppe der Personenwagen. Im rechten Teil der Tabellen sind jeweils die Mittelwerte von S für bestimmte Teilabschnitte angegeben. Die Spalte „1/3“ enthält die Mittelwerte für die Vorlaufstrecke, die Spalte „9/11“ jene für die Nachlaufstrecke. Die Mittelwerte für den Eintrittsbereich der AGK sind in Spalte „3/4“ angegeben, während im Austrittsbereich der AGK lediglich ein Messquerschnitt (QS 9) vorhanden ist. Die Spalten „4/5“, „5/6“, und „6/9“ schliesslich enthalten die Mittelwerte für das erste, zweite und dritte Drittel des Kontrollabschnitts und dienen zur Überprüfung allfälliger Kompensationseffekte.

7.2.1.1 Geschwindigkeitsverteilung der Gruppe „Personenwagen“

Standardabweichung S [km/h] für die Gruppe „Personenwagen“ ($\Delta t > 0$ s)														
Phase	QS	Vor- lauf	AGK _{ein}	Kontrollabschnitt			AGK _{aus}	Nach- lauf	Mittelwerte					
		1	3	4	5	6	9	11	1/3	3/4	4/5	5/6	6/9	9/11
Vorher	NS+ÜS	13.4	12.4	11.2	12.1	12.3	12.9	13.6	13.0	11.9	11.8	12.5	12.7	14.2
Nachher	NS+ÜS	12.9	10.4	9.4	10.6	10.4	10.7	10.7	12.3	10.1	10.3	10.8	10.7	10.7
Differenz	ΔS	0.5	2.0	1.8	1.5	1.9	2.2	2.9	0.7	1.8	1.5	1.7	2.0	3.5

Tabelle 42: Vorher/Nachher-Vergleich der Standardabweichungen für die Gruppe „Personenwagen“

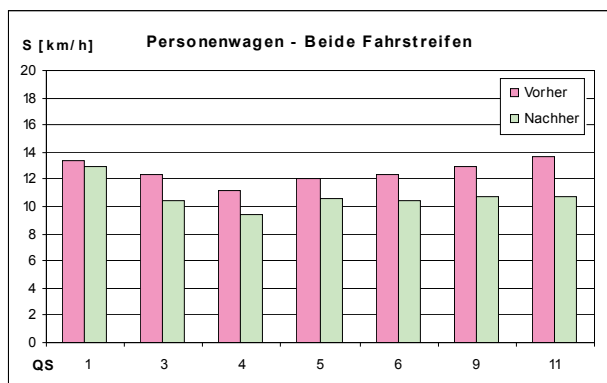


Abbildung 90: Veränderung der Standardabweichungen für die Gruppe der „Personenwagen“ für beide Fahrstreifen

Kommentar:

- Unabhängig von der Versuchsphase (Vorher/Nachher) reduzieren sich die querschnittsbezogenen Standardabweichungen der Personenwagen kontinuierlich bis zum Messquerschnitt QS 4. Während sich anschliessend die Standardabweichungen in der Vorher-Phase wieder sukzessive bis in den Nachlauf auf dasselbe Niveau wie im Vorlauf erhöhen, verbleiben die Standardabweichung in der Nachher-Phase über den gesamten Kontrollabschnitt sowie in der Nachlaufstrecke (QS 11) auf einem konstant tieferen Niveau als in der Vorher-Phase.
- Grundsätzlich sind die Standardabweichungen in der Nachher-Phase in allen Messquerschnitten wesentlich tiefer als in der Vorher-Phase. Bereits in der Vorlaufstrecke (QS 1) beträgt der Unterschied 0.5 km/h. Im Bereich des AGK Eintrittsquerschnitts (QS 3) erhöht sich die Differenz der Standardabweichungen auf 2.0 km/h ! Innerhalb des Kontrollabschnitts (QS 4 bis QS 6) liegen die Unterschiede zwischen 1.5 und 1.9 km/h. Beim AGK Austrittsquerschnitt (QS 9) mit dem Fahrererkennungssystem sowie im Nachlauf (QS 11) treten mit 2.2 bzw. 2.9 km/h die grössten Reduktionen der Standardabweichungen auf. Die AGK hat somit nicht nur innerhalb des Kontrollabschnitts sondern auch im Vor- und Nachlauf zu einem deutlich homogeneren Verkehrsablauf bei den Personenwagen geführt.

7.2.1.2 Geschwindigkeitsverlauf der Gruppe „Personenwagen“

Die Abbildung 91 zeigt die querschnittsbezogenen Geschwindigkeitsverläufe für die Gruppe der Personenwagen im Vorher/Nachher-Vergleich. Dargestellt sind die mittleren Geschwindigkeiten und die $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten. Die Punkte markieren die Lage der Messquerschnitte.

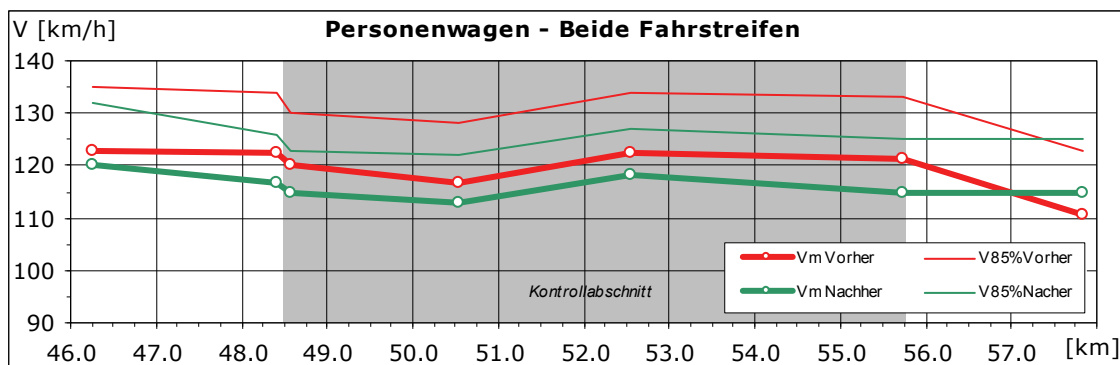


Abbildung 91: Vorher/Nachher-Vergleich der Geschwindigkeitsverläufe für die Gruppe der „Personenwagen“ für beide Fahrstreifen

Während in der Vorher-Phase die Geschwindigkeiten der Personenwagen im Bereich der Vorlaufstrecke (von QS 1 nach QS 3) nahezu konstant bleiben, zeichnen sich die Verläufe in diesem Bereich in der Nachher-Phase bereits durch eine gemächliche Verlangsamung bis zum AGK Eintrittsquerschnitt aus.

Der wiederum in beiden Versuchs-Phasen beobachtbare Geschwindigkeitsabfall zwischen QS 3 und QS 4, welcher bereits bei den Analysen für alle Fahrzeuge erläutert wurde, dürfte auf die unterschiedlichen Messgeräte bzw. auf die Messungenauigkeiten bei den Seitenradargeräten zurückzuführen sein und entzieht sich daher einer Interpretation.

Innerhalb des Kontrollabschnitts reduzieren sich die Geschwindigkeiten im ersten Drittel des Kontrollabschnitts in beiden Versuchs-Phasen und erreichen in QS 5 die tiefsten Werte. Im mittleren Drittel

des Kontrollabschnitts ist bei beiden Versuchs-Phasen wieder ein Geschwindigkeitsanstieg feststellbar, wobei in der Vorher-Phase in etwa ein Niveau wie im Vorlauf erreicht wird, in der Nachher-Phase etwas darunter. Im letzten Drittel des Kontrollabschnitts bleiben die Verläufe in der Vorher-Phase auf einem konstant hohen Niveau, während in der Nachher-Phase wieder eine Geschwindigkeitsreduktion auf ein Niveau wie zu Beginn des Kontrollabschnitts statt findet. Diese Geschwindigkeit wird anschliessend bis in den Nachlauf gehalten.

Anhand der nachfolgenden Tabelle werden die Auswirkungen der AGK auf die mittleren Geschwindigkeiten von Personenwagen im Vorher/Nachher-Vergleich beurteilt.

Mittlere Geschwindigkeit V_m [km/h], $\Delta V_{x/y}$ [km/h] und a_m [m/s²] für die Gruppe „Personenwagen“ ($\Delta t > 0$ s)																				
Phase	QS	Vorlauf	AGK _{ein}	Kontrollabschnitt			AGK _{aus}	Nachlauf	Vorlauf		AGK _{ein}		Kontrollabschnitt						Nachlauf	
		1	3	4	5	6	9	11	$\Delta V_{1/3}$	a_m	$\Delta V_{3/4}$	a_m	$\Delta V_{4/5}$	a_m	$\Delta V_{5/6}$	a_m	$\Delta V_{6/9}$	a_m	$\Delta V_{9/11}$	a_m
Vorher	NS+ÜS	123.0	122.5	120.0	116.7	122.3	121.2	110.5	-0.5	0.00	-2.6	-0.15	-3.3	-0.02	5.6	0.03	-1.1	0.00	-10.8	-0.05
Nachher	NS+ÜS	120.2	116.6	114.9	112.9	118.2	114.8	114.8	-3.6	-0.02	-1.7	-0.10	-2.0	-0.01	5.4	0.02	-3.4	-0.01	0.0	0.00
Differenz ΔV		2.8	5.9	5.1	3.8	4.1	6.4	-4.3												

Tabelle 43: Vorher/Nachher-Vergleich der mittleren Geschwindigkeiten für die Gruppe der „Personenwagen“

Kommentar:

- Bereits zu Beginn der Vorlaufstrecke (QS 1) liegen die mittleren Geschwindigkeiten von Personenwagen in der Nachher-Phase deutlich unter denjenigen der Vorher-Phase (2.8 km/h). Die Differenz nimmt bis zum AGK Eintrittsquerschnitt weiter zu auf 5.9 km/h. Während sich in der Vorher-Phase die mittleren Geschwindigkeiten innerhalb der Vorlaufstrecke kaum ändern, tritt in der Nachher-Phase eine deutliche Geschwindigkeitsreduktion von 3.6 km/h ein ($\Delta V_{1/3}$).
- Unmittelbar nach dem AGK Eintrittsquerschnitt (QS 4) haben sich die V_m in der Nachher-Phase weiter reduziert, und zwar um 5.1 km/h gegenüber der Vorher-Phase. Diese Reduktion setzt sich bis etwa nach dem ersten Drittel des Kontrollabschnitts fort (QS 5), wo unabhängig von der Versuchs-Phase die tiefsten Geschwindigkeiten registriert werden.
- Im mittleren Drittel des Kontrollabschnitts (von QS 5 nach QS 6) steigen die mittleren Geschwindigkeiten unabhängig von der Versuchs-Phase wieder um rund 5.5 km/h an, wobei die absoluten Werte für die Nachher-Phase aber rund 4 km/h tiefer liegen. Daraus lässt sich folgern, dass das Geschwindigkeitsverhalten von im Anschluss St. Triphon ausfahrenden Fahrzeugen, welche zwar den AGK Eintrittsquerschnitt nicht aber den Austrittsquerschnitt passieren und somit auch nicht kontrolliert werden können, ebenfalls positiv beeinflusst wurde.
- Im zwischen Aus- und Einfahrt St. Triphon liegenden Messquerschnitt QS 6, welcher quasi den „durchfahrenden“ Verkehr repräsentiert, werden – wie schon bei allen Fahrzeugen festgestellt – in beiden Versuchsphasen die höchsten Geschwindigkeiten innerhalb des Kontrollabschnitts erreicht. Gegenüber der Vorher-Phase liegen die V_m in der Nachher-Phase aber mit 4.1 km/h deutlich tiefer.
- Im letzten Drittel des Kontrollabschnitts (von QS 6 nach QS 9) reduzieren sich die mittleren Geschwindigkeiten in beiden Versuchs-Phasen wieder, wobei die Reduktion in der Nachher-Phase mit 3.4 km/h deutlicher ausfällt als in der Vorher-Phase mit lediglich 1.1 km/h.

- Im Bereich des AGK Austrittsquerschnitt (QS 9) mit dem Fahrererkennungssystem lassen sich zwischen den beiden Versuchs-Phasen die grössten Veränderungen feststellen. Hier haben sich die mittleren Geschwindigkeiten in der Nachher-Phase um 6.4 km/h auf 114.8 km/h reduziert. Dieses Niveau wird anschliessend auch in der Nachlaufstrecke gehalten.
- Abschliessend lässt sich festhalten, dass sich die mittleren Geschwindigkeiten von Personenwagen über den gesamten Kontrollabschnitt nach Installation der AGK um durchschnittlich 5.0 km/h auf 115.5 km/h reduziert haben (Mittelwert QS 3 bis QS 9). Bereits im Vorlauf konnte eine Reduktion der V_m um 2.8 km/h festgestellt werden. Die ausgeprägtesten Unterschiede im Vorher-/Nachher-Vergleich treten dabei im AGK Eintritts- und Austrittsquerschnitt auf (Abnahme von 5.9 bzw. 6.4 km/h).

Einfluss auf schnell fahrende Personenwagen

Der Einfluss der AGK auf die schnell fahrenden Personenwagen wird anhand der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten analysiert.

$V_{85\%}$ Geschwindigkeit [km/h], $\Delta V_{x/y}$ [km/h] und a_m [m/s²] für die Gruppe „Personenwagen“ ($\Delta t > 0$ s)																				
Phase	QS	Vorlauf	AGK _{ein}	Kontrollabschnitt			AGK _{aus}	Nachlauf	Vorlauf		AGK _{ein}		Kontrollabschnitt						Nachlauf	
		1	3	4	5	6	9	11	$\Delta V_{1/3}$	a_m	$\Delta V_{3/4}$	a_m	$\Delta V_{4/5}$	a_m	$\Delta V_{5/6}$	a_m	$\Delta V_{6/9}$	a_m	$\Delta V_{9/11}$	a_m
Vorher	NS+ÜS	135.0	134.0	130.0	128.0	134.0	133.0	123.0	-1.0	0.00	-4.0	-0.25	-2.0	-0.01	6.0	0.03	-1.0	0.00	-10.0	-0.05
Nachher	NS+ÜS	132.0	126.0	123.0	122.0	127.0	125.0	125.0	-6.0	-0.03	-3.0	-0.18	-1.0	0.00	5.0	0.02	-2.0	-0.01	0.0	0.00
Differenz	ΔV	3.0	8.0	7.0	6.0	7.0	8.0	-2.0												

Tabelle 44: Vorher/Nachher-Vergleich der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten für die Gruppe der „Personenwagen“

Kommentar:

- Während sich in der Vorher-Phase die $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten der Personenwagen innerhalb der Vorlaufstrecke nur geringfügig um 1 km/h reduzierten, ist in der Nachher-Phase eine ausgeprägte Reduktion von 6 km/h ($\Delta V_{1/3}$) feststellbar.
- Im Bereich des AGK Eintrittsquerschnitts (QS 3) liegen die $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten in der Nachher-Phase deutlich unter denjenigen der Vorher-Phase (8 km/h tiefer). Mit 126 km/h wird die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h aber immer noch überschritten.
- Innerhalb des Kontrollabschnitts haben sich die $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten von Personenwagen in der Nachher-Phase ebenfalls deutlich um 6 bis 7 km/h reduziert.
- Im Bereich des AGK Austrittsquerschnitt (QS 9) lassen sich dieselben Reduktionen von 8 km/h wie im Eintrittsquerschnitt beobachten.
- Tendenziell haben sich die $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten im Kontrollabschnitt der geltenden Limite von 120 km/h zwar angenähert, liegen aber durchschnittlich mit 124.6 km/h immer noch um 4.6 km/h darüber. In der Vorher-Phase lag der Mittelwert bei 131.8 km/h (Mittelwert von QS 3 bis QS 9).

7.2.2 Geschwindigkeitsübertretungen von Personenwagen

Die Veränderungen bei der Übertretungsquote der zulässigen Höchstgeschwindigkeit werden anhand der prozentualen Anteile mit $V > V_{\text{zulässig}}$ in den einzelnen Messquerschnitten analysiert. Zusätzlich wird auch der Anteil derjenigen Fahrzeuge ausgewiesen, welche besonders schnell fahren und die zulässige Höchstgeschwindigkeit um mehr als 10 km/h überschreiten.

Übertretungsquoten [%] der Gruppe „Personenwagen“									
Phase		QS	Vorlauf	AGK _{ein}	Kontrollabschnitt			AGK _{aus}	Nachlauf
			1	3	4	5	6	9	11
Vorher	Anteil > V _{zul}	NS+ÜS	62.5%	61.5%	48.8%	36.9%	60.9%	57.1%	22.2%
Nachher	Anteil > V _{zul}	NS+ÜS	54.3%	38.3%	25.5%	19.9%	44.0%	31.0%	28.6%
Relative Veränderung			-13%	-38%	-48%	-46%	-28%	-46%	29%
Vorher	Anteil > V _{zul} +10 km/h	NS+ÜS	27.2%	23.4%	14.5%	10.2%	22.3%	21.0%	4.2%
Nachher	Anteil > V _{zul} +10 km/h	NS+ÜS	18.7%	5.8%	3.4%	3.3%	8.3%	4.4%	5.0%
Relative Veränderung			-31%	-75%	-76%	-67%	-63%	-79%	20%

Tabelle 45: Vorher/Nachher-Vergleich der Übertretungsquoten der Gruppe „Personenwagen“ für beide Fahrstreifen

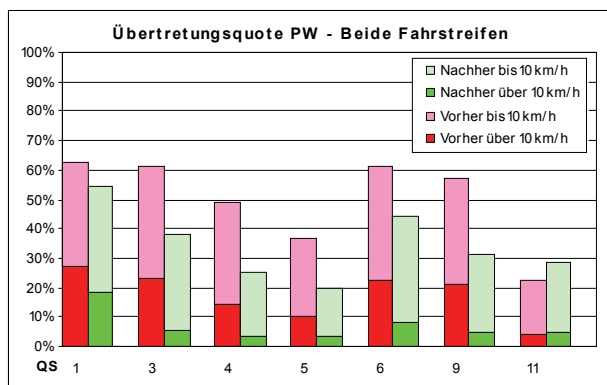


Abbildung 92: Vorher/Nachher-Vergleich der Übertretungsquoten der Gruppe „Personenwagen“ für beide Fahrstreifen

Kommentar:

- Mit Ausnahme der Nachlaufstrecke (QS 11), für welche aber ein Vorher/Nachher-Vergleich auf Grund der in der Vorher-Phase signalisierten Geschwindigkeitsreduktion auf 100 km/h nicht sinnvoll ist, haben sich die Übertretungsquoten in der Nachher-Phase in allen übrigen Messquerschnitten deutlich reduziert.
- In der Vorher-Phase wurden die höchsten Übertretungsquoten zu Beginn der Vorlaufstrecke registriert. Hier lag der Anteil der Übertretungen bei 62.5% und mit 27.2% hat mehr als jeder vierte Personenwagen die Limite um mehr als 10 km/h überschritten. Ähnlich hohe Übertretungsquoten traten in der Vorher-Phase auch im AGK Eintrittsquerschnitt (QS 3) sowie im letzten Drittel des Kontrollabschnitts bzw. im Bereich des AGK Austrittsquerschnitts auf (QS 6 und QS 9).
- In der Nachher-Phase ist bereits im Vorlauf und insbesondere im Bereich des AGK Eintrittsquerschnitts ein markanter Rückgang bei den Übertretungsquoten feststellbar. So hat sich der Anteil aller Übertretungen unmittelbar vor dem AGK Eintrittsquerschnitt um 38% reduziert (QS 3), unmittelbar danach (QS 4) sogar um 48%. Ein ähnlicher Rückgang von 46% konnte auch im AGK Austrittsquerschnitt festgestellt werden. Noch eindrücklicher ist der Rückgang bei den um mehr als 10 km/h zu schnell fahrenden

Fahrzeugen. Deren Anteile konnten in der Nachher-Phase im Bereich des AGK Ein- und Austrittsquerschnitts um 75% und mehr reduziert werden.

- Auch innerhalb des Kontrollabschnitts ist der Rückgang der Übertretungsquoten beachtlich und liegt je nach Querschnitt zwischen 28% bis 46%. Bei den um mehr als 10 km/h zu schnell fahrenden Personenwagen konnten die Anteile sogar um mehr als 60% reduziert werden.

7.3 Lastwagen

7.3.1 Geschwindigkeitsverhalten von Lastwagen

Im folgenden Abschnitt wird auf die Auswirkungen der AGK auf das Geschwindigkeitsverhalten von Fahrzeugen der Gruppe „Lastwagen“ näher eingegangen.

Die Klassifizierung dieser Fahrzeuggruppe erfolgte näherungsweise anhand einer Auswertung der Verteilung der elektrischen Längenmessungen mittels der Seitenradargeräte im Vergleich zu den „zuverlässigen“ Klassifizierungsergebnissen der AVZ 250 (QS 4). Daraus ergab sich, dass 95.7% aller erfassten Fahrzeuge eine elektrische Länge von bis zu 12 m aufweisen. Die restlichen 4.3 % der Fahrzeuge, was in etwa dem LW-Anteil an Werktagen entspricht, weisen hingegen grössere Längenwerte auf. Für sämtliche fahrzeugspezifischen Analysen wurde in der Folge der elektrische Längenwert von 12 m als Klassifizierungsgrenze zwischen Personenwagen und Lastwagen bei den mit Seitenradargeräten ausgerüsteten Messquerschnitten verwendet.

Die Veränderungen der Geschwindigkeitsverteilung für die Gruppe der Lastwagen werden in den einzelnen Messquerschnitten (QS i) auf Grund der Standardabweichungen (S) untersucht. Die folgenden Tabellen und Abbildungen zeigen wiederum eine Gegenüberstellung der Ergebnisse für die „Vorher-“ und „Nachher-Phase“ für die Gruppe der Lastwagen.

7.3.1.1 Geschwindigkeitsverteilung der Gruppe „Lastwagen“

Standardabweichung S [km/h] für die Gruppe „Lastwagen“ ($\Delta t > 0$ s)														
Phase	QS	Vor- lauf	AGK _{ein}	Kontrollabschnitt			AGK _{aus}	Nach- lauf	Mittelwerte					
		1	3	4	5	6	9	11	1/3	3/4	4/5	5/6	6/9	9/11
Vorher	NS+ÜS	7.3	5.7	4.9	6.6	5.6	5.7	4.3	6.7	5.6	5.8	6.3	5.7	5.9
Nachher	NS+ÜS	8.2	6.9	5.4	7.6	6.5	7.0	6.1	7.9	6.8	7.0	7.2	6.8	6.9
Differenz	ΔS	-0.9	-1.2	-0.5	-1.0	-0.9	-1.3	-1.8	-1.2	-1.2	-1.2	-0.9	-1.1	-1.0

Tabelle 46: Vorher/Nachher-Vergleich der Standardabweichungen für die Gruppe „Lastwagen“

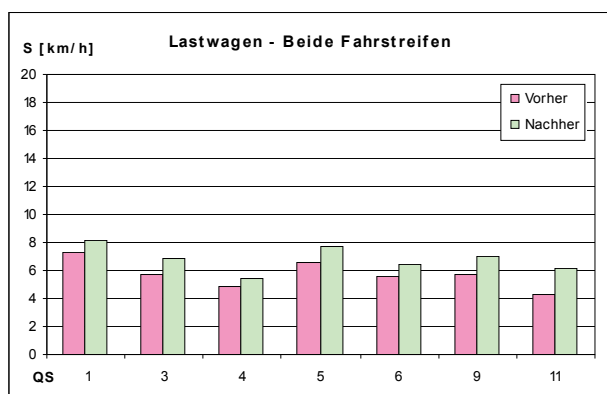


Abbildung 93: Veränderung der Standardabweichungen für die Gruppe der „Lastwagen“ für beide Fahrstreifen

Kommentar:

- Im Gegensatz zu den Ergebnissen für alle Fahrzeuge bzw. Personenwagen haben die Standardabweichungen bei den Lastwagen in der Nachher-Phase in allen Messquerschnitten zugenommen. Die Zunahmen liegen je nach Messquerschnitt zwischen 0.5 bis 1.8 km/h. Auffallend ist, dass die grössten Zunahmen – abgesehen vom Nachlauf – im Bereich des AGK Eintritts- und Austrittsquerschnitts resultieren (Bei den Personenwagen wurde in diesen Querschnitten der grösste Rückgang festgestellt).
- Dabei gilt aber zu berücksichtigen, dass die Geschwindigkeitsverteilungen der Lastwagen auf Grund begrenzter Maximalgeschwindigkeiten grundsätzlich homogener sind als bei den Personenwagen (tiefere Standardabweichungen).
- Die Ergebnisse lassen somit den Schluss zu, dass die AGK auf die Geschwindigkeitsverteilungen der Gruppe „Lastwagen“ keinen erkennbaren Einfluss hat. Dasselbe Erkenntnis bei den Lastwagen konnte bereits im Pilotabschnitt „A2 Arisdorftunnel“ gewonnen werden.

7.3.1.2 Geschwindigkeitsverlauf der Gruppe „Lastwagen“

Die Abbildung 94 zeigt die querschnittsbezogenen Geschwindigkeitsverläufe für die Gruppe der Lastwagen im Vorher/Nachher-Vergleich. Dargestellt sind die mittleren Geschwindigkeiten und die $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten. Die Punkte markieren die Lage der Messquerschnitte.

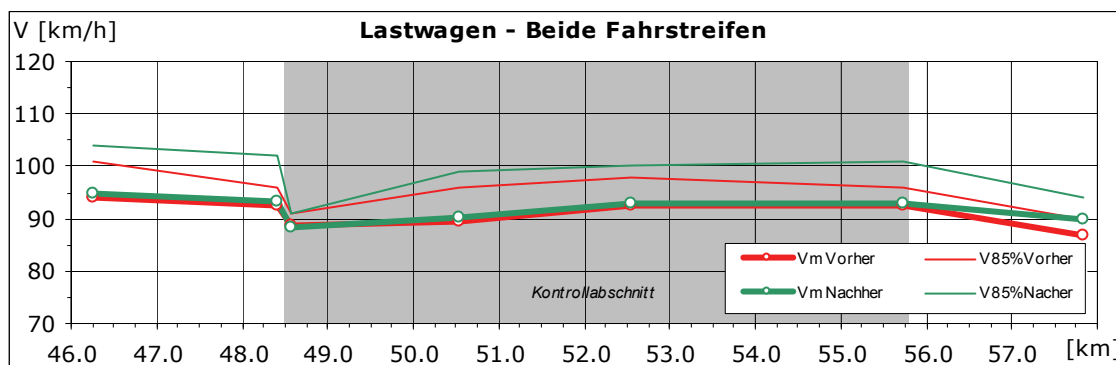


Abbildung 94: Vorher/Nachher-Vergleich der Geschwindigkeitsverläufe für die Gruppe der „Lastwagen“ für beide Fahrstreifen

Unabhängig von der Versuchsphase reduzieren sich die Geschwindigkeiten innerhalb der Vorlaufstrecke geringfügig (von QS 1 nach QS 3). Der anschliessende Verlaufsknick im Bereich des AGK Eintrittsquerschnitts (von QS 3 nach QS 4), welcher auch bei den Lastwagen in beiden Versuchsphasen zu beobachten ist, dürfte auf die unterschiedlichen Messgeräte bzw. auf die Messungenauigkeiten bei den Seitenradargeräten zurückzuführen sein und entzieht sich daher einer Interpretation.

Innerhalb des Kontrollabschnitts steigen die Geschwindigkeiten unabhängig von der Versuchs-Phase im ersten Drittel geringfügig und im Mitteldrittel etwas ausgeprägter an, in etwa auf das Niveau, welches am Ende der Vorlaufstrecke zu beobachten ist. Im letzten Drittel ändert sich das Geschwindigkeitsniveau in beiden Versuchs-Phasen hingegen nicht mehr wesentlich.

Die folgende Tabelle zeigt die Veränderungen der mittleren Geschwindigkeiten von Lastwagen im Vorher/Nachher-Vergleich.

Mittlere Geschwindigkeit V_m [km/h], $\Delta V_{x/y}$ [km/h] und a_m [m/s ²] für die Gruppe „Lastwagen“ ($\Delta t > 0$ s)																				
Phase	QS	Vor- lauf	AGK _{ein}	Kontroll- abschnitt			AGK _{aus}	Nach- lauf	Vorlauf		AGK _{ein}		Kontrollabschnitt						Nachlauf	
		1	3	4	5	6	9	11	$\Delta V_{1/3}$	a_m	$\Delta V_{3/4}$	a_m	$\Delta V_{4/5}$	a_m	$\Delta V_{5/6}$	a_m	$\Delta V_{6/9}$	a_m	$\Delta V_{9/11}$	a_m
Vorher	NS+ÜS	94.1	92.5	88.7	89.6	92.4	92.6	86.8	-1.6	-0.01	-3.9	-0.17	0.9	0.00	2.8	0.01	0.2	0.00	-5.8	-0.02
Nachher	NS+ÜS	94.6	93.3	88.5	90.4	92.9	92.9	89.8	-1.4	0.00	-4.8	-0.21	1.9	0.01	2.6	0.01	0.0	0.00	-3.2	-0.01
Differenz	ΔV	-0.5	-0.8	0.2	-0.8	-0.5	-0.3	-3.0												

Tabelle 47: Vorher/Nachher-Vergleich der mittleren Geschwindigkeiten für die Gruppe der „Lastwagen“**Kommentar:**

- Im Gegensatz zu den Ergebnissen für alle Fahrzeuge bzw. Personenwagen haben bei den Lastwagen neben den Standardabweichungen auch die mittleren Geschwindigkeiten in nahezu allen Messquerschnitten in der Nachher-Phase geringfügig zu genommen. Die Zunahmen bewegen sich – abgesehen vom Nachlauf – zwischen 0.3 bis 0.8 km/h.
- Die Messergebnisse sind, wie bereits mehrmals erwähnt, jedoch mit Vorsicht zu geniessen. Insbesondere dürfte die vorgenommene Fahrzeugklassifizierung anhand der elektrischen Längenmessungen mittels Radarstrahls ein gewisses Fehlerpotential aufweisen und grossen Einfluss auf die Ergebnisse ausüben. Dies zeigt sich insbesondere bei der isolierten Betrachtung der Ergebnisse im Messquerschnitt QS 4. Bei dieser mit Doppel-Induktionsschleifen ausgerüsteten permanenten Zählstelle (AVZ 250), bei welcher eine zuverlässige Klassifizierung nach SWISS10 möglich ist, hat sich nämlich die mittlere Geschwindigkeit von Lastwagen – im Gegensatz zu allen übrigen Querschnitten – geringfügig um 0.2 km/h reduziert.

Einfluss auf schnell fahrende Lastwagen

Der Einfluss der AGK auf die schnell fahrenden Lastwagen wird anhand der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten analysiert.

V _{85%} Geschwindigkeit [km/h], ΔV _{x/y} [km/h] und a _m [m/s ²] für die Gruppe „Lastwagen“ (Δt > 0 s)																				
Phase	QS	Vor- lauf	AGK _{ein}	Kontroll- abschnitt			AGK _{aus}	Nach- lauf	Vorlauf		AGK _{ein}		Kontrollabschnitt						Nachlauf	
		1	3	4	5	6	9	11	ΔV _{1/3}	a _m	ΔV _{3/4}	a _m	ΔV _{4/5}	a _m	ΔV _{5/6}	a _m	ΔV _{6/9}	a _m	ΔV _{9/11}	a _m
Vorher	NS+ÜS	101.0	96.0	91.0	96.0	98.0	96.0	90.0	-5.0	-0.02	-5.0	-0.23	5.0	0.02	2.0	0.01	-2.0	0.00	-6.0	-0.02
Nachher	NS+ÜS	104.0	102.0	91.0	99.0	100.0	101.0	94.0	-2.0	-0.01	-11.0	-0.51	8.0	0.03	1.0	0.00	1.0	0.00	-7.0	-0.03
Differenz	ΔV	-3.0	-6.0	0.0	-3.0	-2.0	-5.0	-4.0												

Tabelle 48: Vorher/Nachher-Vergleich der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten für die Gruppe der „Lastwagen“**Kommentar:**

- Bei der Betrachtung der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten von Lastwagen gelten grundsätzlich dieselben Vorbehalte wie bei den mittleren Geschwindigkeiten. Mit Ausnahme des zuverlässigen Messquerschnitts QS 4 (AVZ 250), in welchem im Vorher/Nachher-Vergleich keine Unterschiede feststellbar sind, haben sich die $V_{85\%}$ -Werte in allen anderen Messquerschnitten um 2 bis 6 km/h erhöht.

- Diese Zunahmen sind jedoch als unrealistisch zu betrachten, da die $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten im Bereich von 100 km/h und teilweise sogar darüber liegen, in einem Geschwindigkeitsbereich, der von Lastwagen gar nicht erreicht werden dürfte (Geschwindigkeitsbegrenzer).
- Die Ergebnisse für die Gruppe der „Lastwagen“ sind auf Grund der eingesetzten Messmittel somit unbrauchbar. Zuverlässige Aussagen lassen sich somit nur für den Messquerschnitt QS 4 anstellen. Dabei zeigt sich, dass die AGK auch auf die schnell fahrenden Lastwagen – zumindest punktuell – keinen Einfluss hat.

7.3.2 Geschwindigkeitsübertretungen von Lastwagen

Die Veränderungen bei der Übertretungsquote der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von Lastwagen auf Autobahnen sind in der folgenden Tabelle bzw. Abbildung dargestellt.

Übertretungsquoten [%] der Gruppe „Lastwagen“									
Phase		QS	Vorlauf	AGK _{ein}	Kontrollabschnitt			AGK _{aus}	Nachlauf
			1	3	4	5	6	9	11
Vorher	Anteil > V _{zul}	NS+ÜS	95.9%	99.4%	97.1%	96.3%	99.3%	99.0%	93.3%
Nachher	Anteil > V _{zul}	NS+ÜS	95.5%	99.0%	96.0%	95.3%	99.1%	98.4%	98.1%
Relative Veränderung			0%	0%	-1%	-1%	0%	-1%	5%
Vorher	Anteil > V _{zul} +10 km/h	NS+ÜS	77.5%	67.6%	16.0%	30.6%	59.9%	70.2%	11.2%
Nachher	Anteil > V _{zul} +10 km/h	NS+ÜS	77.0%	64.4%	16.3%	35.6%	60.7%	64.0%	26.5%
Relative Veränderung			-1%	-5%	2%	17%	1%	-9%	136%

Tabelle 49: Vorher/Nachher-Vergleich der Übertretungsquoten der Gruppe „Lastwagen“ für beide Fahrstreifen

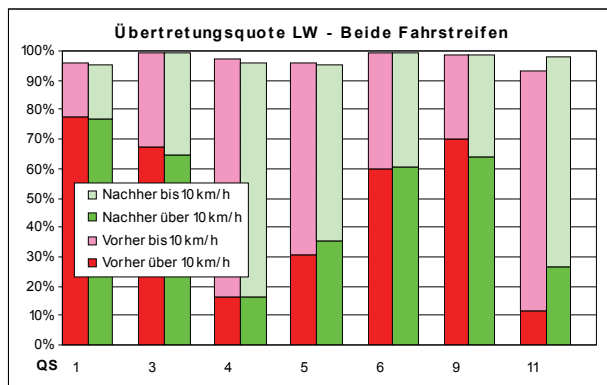


Abbildung 95: Vorher/Nachher-Vergleich der Übertretungsquoten der Gruppe „Lastwagen“ für beide Fahrstreifen

Kommentar:

- Unabhängig von der Versuchs-Phase wird die fahrzeugspezifisch zulässige Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h nahezu von jedem Lastwagen in allen Messquerschnitten überschritten.
- Die Anteile der um mehr als 10 km/h zu schnell fahrenden Lastwagen haben sich innerhalb des Kontrollabschnitts sogar erhöht. Einzig im Bereich des AGK Eintritts- und Austrittsquerchnitts sind deren Anteile geringfügig gesunken.
- Zuverlässige Aussagen liefert jedoch nur der Messquerschnitt QS 4. In diesem Querschnitt haben sich die Anteile bei den Übertretungsquoten im Vorher/Nachher-Vergleich nicht geändert.

8 Ergebnisse der Unfallauswertungen

8.1 Einleitung

Zur Beschreibung des Unfallgeschehens werden neben den absoluten Zahlen – Unfallzahl U und Verunfalltenzahl VU (Anzahl Verunfallte und Getötete) – die relativen Kenngrössen verwendet. Die Aufteilung nach Unfalltypen entspricht der Gliederung des Bundesamtes für Statistik. Die wichtigsten relativen Häufigkeiten auf einer Strecke sind Unfall- und Verunfalltenrate. Bei der Unfallrate $[U_r]$ bzw. Verunfalltenrate $[VU_r]$ wird die Zahl der Unfälle $[U]$ bzw. Zahl der Verunfallten $[VU]$ in der Zeitperiode $[t]$ auf die Fahrleistung in Fahrzeugkilometer $[Fz\text{-km}]$ bezogen. Die Fahrleistung auf einer Strecke (i) ist das Produkt aus

- durchschnittlichem täglichem Verkehr DTV $[Fz\text{ pro Tag}]$,
- Länge der Strecke l $[km]$,
- Zeitperiode bzw. Beobachtungszeit t $[Tage]$.

Im Sinne einer Konvention wird die Unfallrate auf 1 Mio. Fz-km, die Verunfalltenrate auf 100 Mio. Fz-km bezogen:

$$\text{Unfallrate:} \quad U_r = \frac{U_i \cdot 10^6}{DTV_i \cdot l_i \cdot t} \quad [U \text{ pro } 10^6 \text{ Fz-km}]$$

$$\text{Verunfalltenrate:} \quad VU_r = \frac{VU_i \cdot 10^8}{DTV_i \cdot l_i \cdot t} \quad [VU \text{ pro } 10^8 \text{ Fz-km}]$$

Als Ausdruck der Unfallschwere kann die Anzahl Verunfallte pro Unfall verwendet werden (auch als Unfallschweregrad bezeichnet). In ausländischen Untersuchungen ist zudem die Verwendung der (Unfall)Kostenrate gebräuchlich. Darin werden die monetarisierten Unfallfolgen gewichtet.

Die Unfalldaten für die Halbjahresstatistik der Strassenverkehrsunfälle basieren auf dem neuen Strassenverkehrsunfall-Register des ASTRA. Infolge der neuen Verordnung über das Strassenverkehrsunfall-Register (SURV) ist ab dem Referenzjahr 2011 das ASTRA für diese Statistik sowie für deren Veröffentlichung zuständig. Das Register dient den kantonalen Behörden zur Erfassung der Verkehrsunfälle auf der Strasse und enthält Unfälle, in denen mindestens ein motorisiertes oder nicht motorisiertes Fahrzeug involviert ist.

Als schwer verletzt gelten Personen mit einer schweren, sichtbaren Beeinträchtigung, die normale Aktivitäten zu Hause für mindestens 24 Stunden nach dem Unfall verhindert. Als getötet gelten Personen, die infolge eines Unfalls auf der Unfallstelle oder innerhalb von 30 Tagen nach dem Unfall an den Unfallfolgen sterben.

Für die Analyse und Interpretation von Unfallzahlen werden Vorher/Nachher-Vergleiche und Mit/Ohne-Vergleiche angestellt. Die Veränderungen im Unfallgeschehen müssen aufgrund von statistischen Tests beurteilt werden, da nicht immer durch unmittelbare Gegenüberstellung die Frage beantwortet werden kann, ob ein Unterschied oder eine Veränderung zweier Unfallgeschehen im statistischen Sinn besteht.

Ergebnisse statistischer Tests gelten mit einer bestimmten Irrtumswahrscheinlichkeit. Für die praktische Anwendung im Bereich von Unfalluntersuchungen wird in der entsprechenden VSS-Norm⁶³ ein Signifikanzniveau $\alpha = 0.05$ empfohlen (5% Irrtumswahrscheinlichkeit).

Für kleine Stichproben und absolute Unfallzahlen kann der Z-Test verwendet werden. Es gilt die Bedingung einer Stichprobengrösse von 5. Die Prüfung, ob die Unterschiede der Unfallzahlen zufällig oder signifikant sind, wird wie folgt durchgeführt:

$$Z = \frac{n_1 - n_2 + 1}{\sqrt{n_1 + n_2}} > 1.96 \rightarrow \text{signifikant}$$

$$\leq 1.96 \rightarrow \text{zufällig}$$

Für den Fall, dass die Tests nicht mit gleich langen Zeiträumen durchgeführt werden können, müssen die Unfallzahlen mit entsprechenden Zeitfaktoren multipliziert werden.

8.2 Unfallgeschehen im Bereich der Pilotabschnitte

8.2.1 Ergebnisse der Unfallauswertung im Pilotabschnitt „A2 Arisdorftunnel“

Für die Unfallauswertung des Pilotabschnitts „A2 Arisdorftunnel“ standen die Daten der elektronischen Unfallauswertung der Jahre 2009, 2010 und 2011 (Halbjahr) über den ganzen Abschnitt (beide Fahrrichtungen) der Autobahn A2 von km 19.370 bis km 23.660 zur Verfügung.

Mithilfe der Unfallprotokolle konnten Unfallursache und die Unfallverteilung auf dem Abschnitt analysiert werden. Die Auswertung beinhaltet die genaue Örtlichkeit sowie Angaben über verletzte Personen. Da sich innerhalb des Pilotabschnitts „Tunnel“ nur wenige Unfälle ereigneten, wurde auf die Auswertung nach einzelnen Unfalltypen verzichtet.

Ermittelt wurde die Unfallhäufigkeit der vergangenen fünf Halbjahre (Januar 2009 bis Juni 2011). Die Unfall- und Verunfalltenraten beziehen sich auf eine Streckenlänge von 4.29 km (Kontrollabschnitt inkl. Vor- und Nachlaufstrecke) mit einem DTV₂₀₁₀ von 27'956 Fahrzeugen.

	2009		2010		2011
	Jan-Jun	Jul-Dez	Jan-Jun	Jul-Dez	Jan-Jun
Anzahl Unfälle U	5	2	4	5	2
davon wegen überhöhter Geschwindigkeit	2	2	2	1	0
Unfallrate U _r	0.23	0.09	0.18	0.23	0.09
Verunfalltenzahl VU	3	0	5	2	0
Verunfalltenrate VU _r	14	0	23	9	0
Sachschaden pro Unfall (CHF)	9'700	54'250	44'425	20'400	10'800

Tabelle 50: Unfallgeschehen Pilotabschnitt „Tunnel“, A2 in Fahrtrichtung Luzern

⁶³ VSS-Norm SN 640 008 „Strassenverkehrsunfälle; Analyse von Unfallzahlen, Unfallstatistiken, Vergleiche und Entwicklungen“

	2009		2010		2011
	Jan-Jun	Jul-Dez	Jan-Jun	Jul-Dez	Jan-Jun
Anzahl Unfälle U	10	4	4	7	2
davon wegen überhöhter Geschwindigkeit	1	0	0	0	0
Unfallrate U_r	0.46	0.18	0.18	0.32	0.09
Verunfalltenzahl VU	6	0	1	0	1
Verunfalltenrate VU_r	27	0	5	0	5
Sachschaden pro Unfall (CHF)	14'850	14'750	7'325	15'786	14'000

Tabelle 51: Unfallgeschehen Pilotabschnitt „Tunnel“, A2 in Fahrtrichtung Basel

	Fahrtrichtung Luzern				Fahrtrichtung Basel			
	Anzahl Unfälle		Anzahl Verunfallte		Anzahl Unfälle		Anzahl Verunfallte	
	Vorher	Nachher	Vorher	Nachher	Vorher	Nachher	Vorher	Nachher
Schleuder- oder Selbstunfall	4 (1)	2	3 (0.75)	0	11 (2.75)	1	4 (1)	1
Überholunfall Fahrsteifenwechsel	4 (1)	0	0	0	9 (2.25)	1	1 (0.25)	0
Auffahrunfall	7 (1.75)	0	6 (1.5)	0	5 (1.25)	0	2 (0.5)	0
Andere	1 (0.25)	0	1 (0.25)	0	0	0	0	0

Tabelle 52: Unfallgeschehen Pilotabschnitt „Tunnel“, A2 nach Unfalltyp
Vorher: 1. Januar 2009 bis 12. Januar 2011, Nachher: 13. Januar 2011 bis 30. Juni 2011
(Werte für gleich lange Vorher-Zeiträume in Klammern)

Aus den Tabellen ist ersichtlich, dass die Unfallrate im ersten Halbjahr 2011 gesunken ist, sowohl in Fahrtrichtung Luzern (mit AGK) als auch in Fahrtrichtung Basel (ohne AGK). Dasselbe gilt für die Verunfalltenrate in Fahrtrichtung Luzern. Ein kausaler Zusammenhang mit der Inbetriebnahme der AGK ist allerdings nicht zwingend gegeben. Einerseits ist der 6-monatige Betrachtungszeitraum für die Nachher-Phase seit Inbetriebnahme der AGK zu kurz und andererseits ereigneten sich – bedingt durch die kurze Nachher-Phase – glücklicherweise sehr wenige Unfälle.

Dies geht auch aus den beiden Vergleichen Vorher/Nachher (Pilotabschnitt „Tunnel“, A2 in Fahrtrichtung Luzern vor Inbetriebnahme der AGK am 13. Januar 2011 / Pilotabschnitt „Tunnel“, A2 in Fahrtrichtung Luzern nach Inbetriebnahme der AGK am 13. Januar 2011) und Mit/Ohne (Pilotabschnitt „Tunnel“, A2 in Fahrtrichtung Luzern nach Inbetriebnahme der AGK am 13. Januar 2011 / Pilotabschnitt „Tunnel“, A2 in Fahrtrichtung Basel nach Inbetriebnahme der AGK am 13. Januar 2011) hervor. Sowohl im Vorher/Nachher- als auch im Mit/Ohne-Vergleich ereigneten sich auf dem Abschnitt der AGK keine Unfälle mit Verunfallten. Diese Veränderung ist auch auf dem 5 % Niveau der Irrtumswahrscheinlichkeit signifikant (Prüfgrösse von 1.96). Allerdings war die Bedingung für die Anwendung des Z-Tests nicht eingehalten, da die Stichprobe in beiden Fällen nicht 5 Unfälle umfasste. Lediglich im Vorher/Nachher-Vergleich der Anzahl Unfälle genügt die Stichprobengrösse. Dort zeigt sich, dass der Rückgang der Unfälle für den betrachteten Zeitraum nur zufällig ist.

	Vorher	Nachher	Z-Test	
Anzahl Unfälle	4	2	1.22	zufällig
Verunfalltenzahl	2.5	0	2.21	(signifikant)

Tabelle 53: Vorher/Nachher-Vergleich Pilotabschnitt „Tunnel“, A2
Vorher: Mittelwert über die vorhandenen Unfalldaten (gleich langer Zeitraum angenommen)

	Mit	Ohne	Z-Test	
Anzahl Unfälle	2	2	0.50	(zufällig)
Verunfalltenzahl	0	1	2.00	(signifikant)

Tabelle 54: Mit/Ohne-Vergleich Pilotabschnitt „Tunnel“, A2

Aufgrund der Gegenüberstellung ist zwar tendenziell ein Rückgang der Unfälle und Verunfallten zu erkennen. Für eine aussagekräftige Beurteilung der Auswirkungen der AGK auf das Unfallgeschehen muss der Betrachtungszeitraum jedoch wesentlich länger sein, damit die Stichprobengrösse den Anforderungen der statistischen Tests genügt. Repräsentative Ergebnisse liegen somit frühestens 2013 vor.

8.2.2 Ergebnisse der Unfallauswertung im Pilotabschnitt „A9 Aigle – Bex-Nord“

Für die Unfallauswertung des Pilotabschnitts „Freie Strecke“ standen die Daten der elektronischen Unfallauswertung der Jahre 2010 und 2011 (Halbjahr) über den ganzen Abschnitt (beide Richtungen) der Autobahn A9 von km 47.570 bis km 57.590 zur Verfügung.

Mithilfe der Unfallprotokolle konnten Unfallursache und die Unfallverteilung auf dem Abschnitt analysiert werden. Die Auswertung beinhaltet die genaue Örtlichkeit sowie Angaben über verletzte Personen. Da sich auch innerhalb des Pilotabschnitts „Freie Strecke“ nur wenige Unfälle ereigneten, wurde auf die Auswertung nach einzelnen Unfalltypen verzichtet.

Ermittelt wurde die Unfallhäufigkeit der vergangenen drei Halbjahre (Januar 2010 bis Juni 2011). Die Unfall- und Verunfalltenraten beziehen sich auf eine Streckenlänge von 10.02 km (Kontrollabschnitt inkl. Vor- und Nachlaufstrecke) mit einem DTV₂₀₁₀ von 20'043 Fahrzeugen.

	2010		2011
	Jan-Jun	Jul-Dez	Jan-Jun
Anzahl Unfälle U	11	12	6
davon wegen überhöhter Geschwindigkeit	4	8	2
Unfallrate U _r	0.30	0.33	0.16
Verunfalltenzahl VU	5	10	4
Verunfalltenrate VU _r	14	27	11
Sachschaden pro Unfall (CHF)	19'727	24'000	13'667

Tabelle 55: Unfallgeschehen Pilotabschnitt „Freie Strecke“, A9 in Fahrtrichtung Sion

	2010		2011
	Jan-Jun	Jul-Dez	Jan-Jun
Anzahl Unfälle U	3	12	3
davon wegen überhöhter Geschwindigkeit	1	5	1
Unfallrate U_r	0.08	0.33	0.08
Verunfalltenzahl VU	2	4	3
Verunfalltenrate VU_r	5	11	8
Sachschaden pro Unfall (CHF)	19'333	18'155	16'667

Tabelle 56: Unfallgeschehen Pilotabschnitt „Freie Strecke“, A9 in Fahrtrichtung Lausanne

	Fahrtrichtung Sion				Fahrtrichtung Lausanne			
	Anzahl Unfälle		Anzahl Verunfallte		Anzahl Unfälle		Anzahl Verunfallte	
	Vorher	Nachher	Vorher	Nachher	Vorher	Nachher	Vorher	Nachher
Schleuder- oder Selbstunfall	21 (1.24)	1	14 (0.82)	1	11 (0.65)	0	3 (0.18)	0
Überholunfall Fahrsteifenwechsel	3 (0.18)	0	2 (0.12)	0	3 (0.18)	0	0	0
Auffahrunfall	4 (0.24)	0	2 (0.12)	0	3 (0.18)	0	6 (0.35)	0
Andere	0	0	0	0	1 (0.06)	0	0	0

Tabelle 57: Unfallgeschehen Pilotabschnitt „Freie Strecke“, A9 nach Unfalltyp
Vorher: 1. Januar 2010 bis 29. Mai 2011, Nachher: 30. Mai 2011 bis 30. Juni 2011
(Werte für gleich lange Vorher-Zeiträume in Klammern)

Aus den Tabellen ist ersichtlich, dass die Unfallrate im Jahr 2011 gesunken ist, sowohl in Fahrtrichtung Sion als auch in Fahrtrichtung Lausanne. Da die Inbetriebnahme der AGK auf der A9 erst am 30. Mai 2011 erfolgte, besteht hier aber erst recht kein kausaler Zusammenhang. Dies zeigen sowohl der Vorher/Nachher- wie auch der Mit/Ohne-Vergleich. Die Stichprobengrösse ist auf Grund des 1-monatigen Betrachtungszeitraums eindeutig zu klein. Für eine aussagekräftige Beurteilung der Auswirkungen der AGK auf das Unfallgeschehen muss der Betrachtungszeitraum jedoch wesentlich länger sein, damit die Stichprobengrösse den Anforderungen der statistischen Tests genügt. Repräsentative Ergebnisse liegen somit frühestens 2013 vor.

	Vorher	Nachher	Z-Test
Anzahl Unfälle	0.65	1	0.50 (zufällig)
Verunfalltenzahl	0.29	1	1.50 (zufällig)

Tabelle 58: Vorher/Nachher-Vergleich Pilotabschnitt „Freie Strecke“, A9
Vorher: Mittelwert über die vorhandenen Unfalldaten (gleich langer Zeitraum angenommen)

	Mit	Ohne	Z-Test
Anzahl Unfälle	1	0	2.00 (signifikant)
Verunfalltenzahl	1	0	2.00 (signifikant)

Tabelle 59: Mit/Ohne-Vergleich Pilotabschnitt „Freie Strecke“, A9

9 Erkenntnisse und Empfehlungen

9.1 Massgebende Erkenntnisse aus den Feldversuchen

Im Rahmen der begleitenden Messkampagne konnten die Auswirkungen der beiden AGK Pilotanlagen „A2 Arisdorftunnel“ und „A9 Aigle – Bex-Nord“ auf das Fahrverhalten anhand von Vorher-/Nachher-Vergleichen detailliert untersucht werden. Dabei hat sich gezeigt, dass mit der Anordnung der AGK das Geschwindigkeitsverhalten der Verkehrsteilnehmer grundsätzlich positiv beeinflusst worden ist. Mit der AGK konnte eine Harmonisierung der Geschwindigkeiten über den gesamten Abschnitt erreicht werden. Der Verkehrsablauf ist insgesamt homogener geworden, was sich im Rückgang der Standardabweichungen der mittleren Geschwindigkeiten sowie in der Abnahme der Durchschnittsgeschwindigkeit manifestierte. Die im Vorfeld der Pilotversuche befürchteten negativen Effekte auf das Fahrverhalten haben sich nicht bestätigt. So konnten keinerlei Indizien dafür gefunden werden, dass das AGK Eintrittsportal oder das AGK Austrittsportal zusammen mit dem Fahrererkennungssystem mit einer herkömmlichen Punktkontrolle verwechselt wird. In diesen Bereichen konnten keine übermässigen und unerwünschten Verzögerungsvorgänge festgestellt werden. Ebenso wenig hat sich die Befürchtung bestätigt, dass es innerhalb des Kontrollabschnitts zu Kompensationseffekten in der Geschwindigkeitswahl kommen könnte. Diesbezügliche Verhaltensmuster liessen sich nicht nachweisen. In Bezug auf das Abstandsverhalten, welches nur für den Pilotabschnitt „A2 Arisdorftunnel“ ausgewertet werden konnte, lassen die Ergebnisse einen gewissen Interpretationsspielraum offen. Zwar sind die mittleren Zeitlücken in der Nachher-Phase tendenziell grösser geworden, ein eindeutiger Zusammenhang mit der Installation der AGK konnte jedoch weder nachgewiesen noch ausgeschlossen werden.

9.1.1 Pilotabschnitt „A2 Arisdorftunnel“

Obwohl der Verkehrsablauf im Pilotabschnitt „A2 Arisdorftunnel“ bereits in der Vorher-Phase – insbesondere innerhalb des Tunnels – schon sehr homogen war, bewirkte die AGK eine Reduktion der Standardabweichungen im Kontrollabschnitt von bis zu 1.2 km/h auf dem Normalfahrstreifen bzw. von bis zu 1.8 km/h auf dem Überholfahrstreifen. Dabei fand nicht nur im Quervergleich sondern auch im Längsverlauf innerhalb des Kontrollabschnitts eine zunehmende Homogenisierung der Geschwindigkeitsverteilungen statt.

Während sich die mittleren Geschwindigkeiten aller Fahrzeuge in der Nachher-Phase sowohl im Vorlauf als auch im Nachlauf leicht erhöht haben, reduzierten sich die mittleren Geschwindigkeiten aller Fahrzeuge im Kontrollabschnitt auf dem Normalfahrstreifen um durchschnittlich 0.6 km/h auf 91.0 km/h, auf dem Überholfahrstreifen um durchschnittlich 1.3 km/h auf 96.4 km/h. Ein Rückgang konnte auch im Bereich des AGK Eintrittsportals verzeichnet werden, wo die mittleren Geschwindigkeiten auf dem Normalfahrstreifen um 0.5 km/h auf 89.2 km/h und auf dem Überholfahrstreifen um 2.0 km/h auf 95.8 km/h abnahmen. Die grössten Veränderungen fanden am Ende des Kontrollabschnitts bzw. im Bereich des AGK Austrittsportals statt, wo sich die mittleren Geschwindigkeiten auf dem Normalfahrstreifen um durchschnittlich 4.2 km/h auf 95.4 km/h und auf dem Überholfahrstreifen um durchschnittlich 9.9 km/h auf 103.0 km/h reduzierten. Im Gegensatz zur Vorher-Phase, wo bereits unmittelbar nach dem Tunnelaustrittsportal wieder beschleunigt wurde, findet der Beschleunigungsvorgang in der Nachher-Phase deutlich weniger ausgeprägt erst nach Passieren des Fahrererkennungssystems statt.

Ähnlich wie bei den mittleren Geschwindigkeiten sind auch die Übertretungsquoten im Vor- und Nachlauf generell leicht angestiegen. Innerhalb des Kontrollabschnitts konnte aber bei allen untersuchten Fahrzeuggruppen ein Rückgang bei den Übertretungsquoten festgestellt werden. Bei den

Personenwagen beispielsweise reduzierten sich die Übertretungen innerhalb des Kontrollabschnitts um durchschnittlich 34% auf dem Normalfahrstreifen und um 29% auf dem Überholfahrstreifen. Besonders deutlich war dabei der Rückgang bei denjenigen Fahrzeugen, welche die Limite um mehr als 10 km/h überschritten. Deren Anteile gingen auf beiden Fahrstreifen um durchschnittlich 55% zurück.

Bei den Lastwagen und leichten Anhängergespannen, welche maximal 80 km/h fahren dürfen, sind die Anteile der Übertretungen bis 10 km/h aber nach wie vor sehr hoch. Grund dafür ist, dass die AGK momentan so eingestellt ist, dass ein Geschwindigkeitsverstoss erst bei Erreichen der zweiten Ordnungsbussenstufe (6 bis 10 km/h über der Limite) unter Berücksichtigung des gesetzlich vorgeschriebenen Sicherheitsabzugs von 5 km/h (bei Messwerten bis 100 km/h) geahndet wird. Somit werden momentan nur diejenigen Lastwagen und leichten Anhängergespanne „geblitzt“, welche im Kontrollabschnitt eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 91 km/h und darüber erreichen. Bei den Reisebussen und Cars wurden hingegen in beiden Versuchsphasen praktisch keine Übertretungen um mehr als 10 km/h registriert.

Hinsichtlich Unfallgeschehen ist seit Inbetriebnahme der AGK tendenziell ein Rückgang bei den Unfällen und Verunfallten erkennbar. Für eine aussagekräftige Beurteilung der Auswirkungen der AGK auf das Unfallgeschehen muss der Betrachtungszeitraum jedoch wesentlich länger sein, damit die Stichprobengrösse den Anforderungen der statistischen Tests genügt. Repräsentative Ergebnisse liegen somit frühestens 2013 vor.

9.1.2 Pilotabschnitt „A9 Aigle – Bex-Nord“

Im Rahmen der begleitenden Messkampagne sollte der Pilotabschnitt „Freie Strecke“ ursprünglich wie der Pilotabschnitt „Tunnel“ ebenfalls mit fest installierten Messquerschnitten zur permanenten Verkehrsdatenerfassung ausgerüstet werden. Ausserdem war vorgesehen, auch auf diesem Abschnitt eine fest installierte AGK einzurichten. Aus diversen Gründen verzögerten sich einerseits die Installation der permanenten Messquerschnitte und andererseits die Installation der AGK selbst, so dass im Laufe des Projekts entschieden wurde, auf diesem Abschnitt als Übergangslösung Seitenradargeräte und die für Baustellenbereiche vorgesehene semi-portable AGK einzusetzen, um über entsprechende Datengrundlagen zu verfügen – wenn auch im Vergleich zum Pilotabschnitt „Tunnel“ in stark reduziertem Umfang.

Die Anordnung der AGK führte in allen Messquerschnitten zu einer wesentlichen Reduktion der Standardabweichungen. Bereits in der Vorlaufstrecke konnte ein Rückgang um 0.9 km/h festgestellt werden. Im Bereich des AGK Eintrittsquerschnitts reduzierte sich die Standardabweichung um 2.4 km/h. Innerhalb des Kontrollabschnitts bewegt sich die Abnahme zwischen 1.8 und 2.2 km/h. Beim AGK Austrittsquerschnitt mit dem Fahrererkennungssystem sowie in der Nachlaufstrecke traten mit 2.5 km/h die grössten Reduktionen der Standardabweichungen auf, in einer ähnlichen Grössenordnung wie beim AGK Eintrittsquerschnitt. Die AGK hat somit nicht nur innerhalb des Kontrollabschnitts sondern auch im Vor- und Nachlauf zu einem deutlich homogenen Verkehrsablauf geführt.

Entsprechend ausgeprägt ist auch der Rückgang bei den mittleren Geschwindigkeiten. Innerhalb des Kontrollabschnitts konnte eine durchschnittliche Reduktion der mittleren Geschwindigkeit um 4.7 km/h auf 114.5 km/h erreicht werden. Bereits in der Vorlaufstrecke trat eine Reduktion um 2.5 km/h auf 119.3 km/h ein. Die grössten Unterschiede im Vorher/Nachher-Vergleich wurden im AGK Eintrittsquerschnitt (Abnahme von 5.6 km/h auf 115.8 km/h) und im AGK Austrittsquerschnitt (Abnahme von 6.0 km/h auf 114.0 km/h) festgestellt.

Bei den Übertretungsquoten von leichten Motorfahrzeugen konnte bereits im Vorlauf (-38%) und insbesondere im Bereich des AGK Eintrittsquerschnitts (-48%) und des AGK Austrittsquerschnitts

(-46%) ein markanter Rückgang festgestellt werden. Auch innerhalb des Kontrollabschnitts ging der Anteil der Übertretungen um 28% bis 46% zurück. Noch eindrücklicher ist der Rückgang bei den um mehr als 10 km/h zu schnell fahrenden Fahrzeugen, deren Anteile sich im Bereich des AGK Eintrittsquerschnitts um 75% und im Austrittsquerschnitt sogar um 79% reduzierten, innerhalb des Kontrollabschnitts trat eine Reduktion von mehr als 60% ein.

In Bezug auf das Unfallgeschehen konnten noch keine signifikanten Auswirkungen festgestellt werden, da der Untersuchungszeitraum mit einer 1-monatigen Nachher-Phase eindeutig zu kurz und die Stichprobengrösse zu klein war. Auch hier ist eine aussagekräftige Beurteilung der Auswirkungen der AGK auf das Unfallgeschehen frühestens 2013 möglich.

9.2 Empfehlungen und weiterer Untersuchungsbedarf

Die bislang mit den beiden AGK Pilotanlagen gemachten Erfahrungen in Bezug auf das Geschwindigkeitsverhalten sind durchwegs als positiv zu beurteilen. Auf Grund der erst relativ kurzen Betriebsdauer lassen sich aber hinsichtlich des Unfallgeschehens noch keine signifikanten Aussagen treffen. Die laufenden Pilotversuche sollten daher fortgesetzt werden, um die Auswirkungen auf das Unfallgeschehen über einen Nachher-Zeitraum von mindestens zwei Jahren analysieren zu können. Im Rahmen einer solchen Langzeitanalyse liesse sich auch die Nachhaltigkeit der bislang positiven Ergebnisse zum Fahrverhalten überprüfen.

Grundsätzlich spricht nichts gegen eine Ausweitung der Pilotversuche auf andere Standorte wie beispielsweise Baustellenbereiche auf Hochleistungsstrassen, die ein besonders hohes Gefahrenpotential aufweisen. Dabei wäre eine begleitende Messkampagne wünschenswert, deren Umfang aber im Vergleich zum Pilotabschnitt „A2 Arisdorftunnel“ wesentlich reduziert werden könnte (Reduktion der Messquerschnitte im Bereich der Ein- und Austrittsportale sowie innerhalb des Kontrollabschnitts).

Obwohl die Übertretungsquoten nach Installation der AGK nachweislich reduziert werden konnten, ist die absolute Zahl der Übertretungen bei gewissen Fahrzeuggruppen – insbesondere bei den Lastwagen – nach wie vor sehr hoch. Bei dieser Fahrzeuggruppe ist augenfällig, dass die durch die Ordnungsbussenstufe sowie den Sicherheitsabzug gewährte Toleranz bis ans Limit ausgenützt wird. Während die Festlegung der Ordnungsbussenstufe eine rein betriebliche (und politische) Frage ist, hat der Sicherheitsabzug einen technischen Hintergrund. Damit sollen allfällige Messungenauigkeiten kompensiert werden. Die anzuwendenden Werte für den Sicherheitsabzug sind in der Verordnung des ASTRA zur Strassenverkehrskontrollverordnung (VSKV-ASTRA, SR 741.013.1, Art. 8, Abs. 1f) festgelegt.

Ein Beispiel: Bei einer gemessenen Durchschnittsgeschwindigkeit von 120 km/h gilt heute ein Sicherheitsabzug von 6 km/h. Umgelegt auf die Einrichtung auf der A9 entspricht dies einem Messfehler von rund zehn Sekunden für die Durchfahrtszeit bzw. einem Messfehler von über 350 Metern für die Messstrecke. Der effektive Messfehler der AGK liegt deutlich unter diesen Werten. Rein technisch betrachtet könnte der Sicherheitsabzug auf 3 km/h reduziert werden.

Von den zu Projektstart formulierten Arbeitshypothesen (vgl. Kap. 1.3) konnte im Rahmen der vorliegenden Untersuchung bislang nachgewiesen werden, dass sich mit der Anordnung einer AGK der Verkehrsablauf über einen längeren Abschnitt homogenisieren lässt. In wie fern sich diese Verbesserung auch in der Unfallentwicklung positiv niederschlägt, kann erst nach einer längeren Betriebsdauer beurteilt werden.

Die mit den Pilotanlagen gewonnenen Erkenntnisse erlauben bislang noch keine allgemein gültige Quantifizierung der generellen Zusammenhänge zwischen der Veränderung bzw. dem Rückgang der Geschwindigkeiten und dem Unfallgeschehen. Mit nur zwei Untersuchungsobjekten und unter Berücksichtigung der erst kurzen Betriebsdauer der Anlagen lassen sich die Zusammenhänge noch nicht verallgemeinern. Nach wie vor fehlt eine objektive Bewertungsmethodik, mit welcher sich Standorte für geplante Enforcementanlagen hinsichtlich ihrer Zweckmässigkeit zuverlässig beurteilen und die zu erwartenden Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit und den Verkehrsablauf quantifizieren lassen.

Ebenfalls noch keine Aussagen können über die Wirkung einer AGK auf die Leistungsfähigkeit des betreffenden Streckenabschnitts getroffen werden, da sich das Verkehrsaufkommen auf beiden Pilotabschnitten unter normalen Betriebsbedingungen unterhalb der Leistungsgrenze bewegt und Störungen im Verkehrsfluss praktisch ausgeschlossen sind. Bei weiteren Versuchen sollten dieser Aspekt bei der Standortwahl unbedingt berücksichtigt werden. Ausländische Erfahrungen mit AGK konnten auf hoch belasteten Abschnitten bereits einen Anstieg der Leistungsfähigkeit in folge einer signifikanten Homogenisierung des Verkehrsflusses aufzeigen.

Entsprechende Quantifizierungswerkzeuge zur Beurteilung der Auswirkungen von geplanten Enforcementanlagen auf die Verkehrssicherheit und den Verkehrsablauf müssten im Rahmen weiterer Vorher/Nachher-Untersuchungen erarbeitet werden, gestützt auf empirischen Erhebungen zum Geschwindigkeits- und Fahrverhalten sowie anhand von Auswertungen der Unfallstatistik. Diese Arbeiten könnten bspw. im Rahmen eines Forschungsauftrages im Strassenwesen des UVEK durchgeführt werden.

Rapp Trans AG

Thorsten Koy

Simon Benz

Lukas Haas

10 Verzeichnisse und Quellen

10.1 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Verunfallte im Strassenverkehr in der Schweiz 2010	4
Tabelle 2:	Übersicht Reduktion der Unfallzahlen bei verschiedenen Projekten	11
Tabelle 3:	Zusammenhang zwischen Geschwindigkeiten und Opfern in Grossbritannien	14
Tabelle 4:	Auswirkungen des Tutor-Systems in Italien (Tote, Verletzte, Unfälle)	27
Tabelle 5:	Auswirkungen auf die Anzahl der Getöteten oder Schwerverletzten auf den kontrollierten Abschnitten in Nottingham (Stand 2010)	37
Tabelle 6:	Auswahl der Versuchsstrecken. ⁵⁰	38
Tabelle 7:	Übersicht der evaluierten Nationalstrassenabschnitte für die Pilotversuche mit AGK	43
Tabelle 8:	Übersicht der verschiedenen Versuchsphasen im Rahmen der begleitenden Messkampagne	45
Tabelle 9:	Übersicht der für die Auswertungen zu Fahrzeuggruppen aggregierten Fahrzeugklassen	56
Tabelle 10:	Stichprobenumfang der Messdaten je Versuchsphase und Fahrzeuggruppe	56
Tabelle 11:	Vorher/Nachher-Vergleich der Standardabweichungen für alle Fahrzeuge	61
Tabelle 12:	Vorher/Nachher-Vergleich der Standardabweichungen für alle frei fahrenden Fahrzeuge	63
Tabelle 13:	Vorher/Nachher-Vergleich der mittleren Geschwindigkeiten für alle Fahrzeuge	66
Tabelle 14:	Vorher/Nachher-Vergleich der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten für alle Fahrzeuge	67
Tabelle 15:	Vorher/Nachher-Vergleich der mittleren Geschwindigkeiten für alle frei fahrenden Fahrzeuge	70
Tabelle 16:	Vorher/Nachher-Vergleich der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten für alle frei fahrenden Fahrzeuge	70
Tabelle 17:	Vorher/Nachher-Vergleich der mittleren Zeitlücken in Abhängigkeit der Fahrstreifenbelastung	72
Tabelle 18:	Vorher/Nachher-Vergleich der mittleren Zeitlücken bei Fahrstreifenbelastungen von 750 Mfz/h	73
Tabelle 19:	Vorher/Nachher-Vergleich der Standardabweichungen für die Gruppe „Personenwagen“	74
Tabelle 20:	Vorher/Nachher-Vergleich der mittleren Geschwindigkeiten für die Gruppe der „Personenwagen“	77
Tabelle 21:	Vorher/Nachher-Vergleich der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten für die Gruppe der „Personenwagen“	78
Tabelle 22:	Vorher/Nachher-Vergleich der Übertretungsquoten der Gruppe „Personenwagen“	80
Tabelle 23:	Vorher/Nachher-Vergleich der Standardabweichungen für die Gruppe „Lastwagen“	83
Tabelle 24:	Vorher/Nachher-Vergleich der mittleren Geschwindigkeiten auf dem Normalfahrstreifen für die Gruppe der „Lastwagen“	85
Tabelle 25:	Vorher/Nachher-Vergleich der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten auf dem Normalfahrstreifen für die Gruppe der „Lastwagen“	86
Tabelle 26:	Vorher/Nachher-Vergleich der Übertretungsquoten der Gruppe „Lastwagen“ auf dem Normalfahrstreifen	87
Tabelle 27:	Vorher/Nachher-Vergleich der Standardabweichungen für die Gruppe „Personenwagen mit Anhänger“	89
Tabelle 28:	Vorher/Nachher-Vergleich der mittleren Geschwindigkeiten für die Gruppe der „Personenwagen mit Anhänger“	91

Tabelle 29:	Vorher/Nachher-Vergleich der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten für die Gruppe der „Personenwagen mit Anhänger“	92
Tabelle 30:	Vorher/Nachher-Vergleich der Übertretungsquoten der Gruppe „Personenwagen mit Anhänger“	93
Tabelle 31:	Vorher/Nachher-Vergleich der Standardabweichungen für die Gruppe „Reisebusse und Cars“	95
Tabelle 32:	Vorher/Nachher-Vergleich der mittleren Geschwindigkeiten für die Gruppe der „Reisebusse und Cars“	97
Tabelle 33:	Vorher/Nachher-Vergleich der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten für die Gruppe der „Reisebusse und Cars“	98
Tabelle 34:	Vorher/Nachher-Vergleich der Übertretungsquoten der Gruppe „Reisebusse und Cars“	99
Tabelle 35:	Stichprobenumfang der Messdaten je Versuchsphase und Fahrzeuggruppe	107
Tabelle 36:	Vorher/Nachher-Vergleich der Standardabweichungen für alle Fahrzeuge	111
Tabelle 37:	Vorher/Nachher-Vergleich der Standardabweichungen für alle frei fahrenden Fahrzeuge	112
Tabelle 38:	Vorher/Nachher-Vergleich der mittleren Geschwindigkeiten für alle Fahrzeuge	115
Tabelle 39:	Vorher/Nachher-Vergleich der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten für alle Fahrzeuge	116
Tabelle 40:	Vorher/Nachher-Vergleich der mittleren Geschwindigkeiten für alle frei fahrenden Fahrzeuge	117
Tabelle 41:	Vorher/Nachher-Vergleich der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten für alle frei fahrenden Fahrzeuge	117
Tabelle 42:	Vorher/Nachher-Vergleich der Standardabweichungen für die Gruppe „Personenwagen“	118
Tabelle 43:	Vorher/Nachher-Vergleich der mittleren Geschwindigkeiten für die Gruppe der „Personenwagen“	120
Tabelle 44:	Vorher/Nachher-Vergleich der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten für die Gruppe der „Personenwagen“	121
Tabelle 45:	Vorher/Nachher-Vergleich der Übertretungsquoten der Gruppe „Personenwagen“ für beide Fahrstreifen	122
Tabelle 46:	Vorher/Nachher-Vergleich der Standardabweichungen für die Gruppe „Lastwagen“	123
Tabelle 47:	Vorher/Nachher-Vergleich der mittleren Geschwindigkeiten für die Gruppe der „Lastwagen“	125
Tabelle 48:	Vorher/Nachher-Vergleich der $V_{85\%}$ -Geschwindigkeiten für die Gruppe der „Lastwagen“	125
Tabelle 49:	Vorher/Nachher-Vergleich der Übertretungsquoten der Gruppe „Lastwagen“ für beide Fahrstreifen	126
Tabelle 50:	Unfallgeschehen Pilotabschnitt „Tunnel“, A2 in Fahrtrichtung Luzern	128
Tabelle 51:	Unfallgeschehen Pilotabschnitt „Tunnel“, A2 in Fahrtrichtung Basel	129
Tabelle 52:	Unfallgeschehen Pilotabschnitt „Tunnel“, A2 nach Unfalltyp Vorher: 1. Januar 2009 bis 12. Januar 2011, Nachher: 13. Januar 2011 bis 30. Juni 2011 (Werte für gleich lange Vorher-Zeiträume in Klammern)	129
Tabelle 53:	Vorher/Nachher-Vergleich Pilotabschnitt „Tunnel“, A2 Vorher: Mittelwert über die vorhandenen Unfalldaten (gleich langer Zeitraum angenommen)	130
Tabelle 54:	Mit/Ohne-Vergleich Pilotabschnitt „Tunnel“, A2	130
Tabelle 55:	Unfallgeschehen Pilotabschnitt „Freie Strecke“, A9 in Fahrtrichtung Sion	130
Tabelle 56:	Unfallgeschehen Pilotabschnitt „Freie Strecke“, A9 in Fahrtrichtung Lausanne	131

Tabelle 57: Unfallgeschehen Pilotabschnitt „Freie Strecke“, A9 nach Unfalltyp Vorher: 1. Januar 2010 bis 29. Mai 2011, Nachher: 30. Mai 2011 bis 30. Juni 2011 (Werte für gleich lange Vorher-Zeiträume in Klammern)	131
Tabelle 58: Vorher/Nachher-Vergleich Pilotabschnitt „Freie Strecke“, A9 Vorher: Mittelwert über die vorhandenen Unfalldaten (gleich langer Zeitraum angenommen)	131
Tabelle 59: Mit/Ohne-Vergleich Pilotabschnitt „Freie Strecke“, A9	131

10.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zusammenhang zwischen Unfallrate und der Geschwindigkeitsdifferenz	5
Abbildung 2: Nilsson-Funktion	6
Abbildung 3: Anhalteweg bei trockener Fahrbahn	7
Abbildung 4: Mortalitätsrate von Fussgängern bei Kollisionen mit Personenwagen in Abhängigkeit der Kollisionsgeschwindigkeit	7
Abbildung 5: Beispiele von in der Schweiz eingesetzten automatischen Punktkontrollanlagen	9
Abbildung 6: Beispiel für eine versteckte, portable automatische Punktkontrolle	9
Abbildung 7: Fotos weiterer Typen von Geschwindigkeitsmessanlagen aus Grossbritannien	9
Abbildung 8: Entwicklung der Geschwindigkeiten innerorts (urban) und ausserorts (rural) bei fix installierten Anlagen in den Jahren nach Installation einer automatischen Punktkontrolle	12
Abbildung 9: Entwicklung der Geschwindigkeiten innerorts (urban) und ausserorts (rural) bei portablen Anlagen in den Jahren nach Installation einer automatischen Punktkontrolle	13
Abbildung 10: Relative Entwicklung der Geschwindigkeitsübertretungen > 10 km/h in Abhängigkeit der Kontrollhäufigkeit in Frankreich	15
Abbildung 11: Entwicklung der Anzahl an automatischen Kontrollanlagen in Frankreich	16
Abbildung 12: Geschwindigkeitsverteilung auf der A10 in Frankreich	16
Abbildung 13: Entwicklung der Anzahl erfasster Verstösse pro Kontrollanlage	17
Abbildung 14: Prozentualer Anteil der Geschwindigkeitsüberschreitungen vom mehr als 10 km/h	18
Abbildung 15: $V_{85\%}$ -Geschwindigkeitsverlauf während der Hauptverkehrszeit (07:20-07:40) und Nebenverkehrszeit (08:50-09:20)	19
Abbildung 16: Verlauf der maximal gemessenen Geschwindigkeiten während der Hauptverkehrszeit (07:20-07:40) und Nebenverkehrszeit (08:50-09:20)	20
Abbildung 17: Verlauf der mittleren Geschwindigkeiten während der Hauptverkehrszeit (07:20-07:40) und Nebenverkehrszeit (08:50-09:20)	20
Abbildung 18: Verlauf der Standardabweichung während der Hauptverkehrszeit (07:20-07:40) und Nebenverkehrszeit (08:50-09:20)	21
Abbildung 19: Funktionsprinzip einer Abschnittsgeschwindigkeitskontrolle	22
Abbildung 20: Aufbau und Komponenten einer Abschnittsgeschwindigkeitskontrolle	23
Abbildung 21: Zusammenspiel der drei Faktoren zur Ermittlung der Durchschnittsgeschwindigkeit	25
Abbildung 22: Systemarchitektur Abschnittsgeschwindigkeitskontrolle in Italien	26
Abbildung 23: Komponenten des peripheren Erfassungssystems	27
Abbildung 24: Ankündigung der Abschnittsgeschwindigkeitskontrollen in Italien	27
Abbildung 25: Standorte der zwei aktiven Section Control Anlagen in Österreich (Februar 2009)	28

Abbildung 26:	Systemarchitektur Section Control Anlage Kaisermühlentunnel	29
Abbildung 27:	Vergleich der jahresdurchschnittlichen Unfälle mit Personenschaden im Tunnelvorlauf, im Kaisermühlentunnel und im Tunnelnachlauf auf der A22 Donauuferautobahn in Österreich vorher (1.1.2000 – 31.12.2002) und nachher (12.9.2003 – 31.12.2004)	30
Abbildung 28:	Entwicklung der Durchschnittsgeschwindigkeit im Kaisermühlentunnel auf der A22 Donauuferautobahn in Österreich (2002 – 2005) (Magistrat der Stadt Wien, Magistratsabteilung 34)	31
Abbildung 29:	Standorte der Abschnittsgeschwindigkeitskontrollanlagen in Holland (Stand Februar 2009)	32
Abbildung 30:	Beginn der Abschnittsgeschwindigkeitskontrolle auf der A12	33
Abbildung 31:	Ankündigung der Abschnittsgeschwindigkeitskontrolle beim Westerscheldetunnel	33
Abbildung 32:	Beispiel einer Protokolldatei	35
Abbildung 33:	Standorte der SPECs Abschnittsgeschwindigkeitskontrollanlagen	36
Abbildung 34:	Auswirkungen auf die Geschwindigkeiten an Kontrollabschnitten in Grossbritannien	36
Abbildung 35:	Messanordnung der Versuchsstrecke Bakkevang und Messresultate mit Radar an einem Punkt zwischen den beiden Messpunkten A und B vor der Einführung der AGK (rot), nach 10 Wochen (blau) sowie nach 25 Wochen (grün). Gemessen wurde jeweils zwei Tage lang (je rund 2600 Fahrzeuge). In der Gegenrichtung (ohne AGK) wurden in der gleichen Periode keine Änderungen der Geschwindigkeit festgestellt. ⁵⁰	38
Abbildung 36:	Beispiel für ein Verkehrsschild vor der Abschnittsgeschwindigkeitskontrollanlagen	38
Abbildung 37:	Durchschnittsgeschwindigkeit pro Stunde auf der Versuchsstrecke Bakkevang vor der Einführung der AGK (rot), nach 10 Wochen (grün) sowie nach 25 Wochen (blau). Neben der Durchschnittsgeschwindigkeit (Snittfart) sank auch der Anteil (Andel) derjenigen Fahrzeuge welche über 80 km/h bzw. über 90 km/h fuhren. ⁵⁰	39
Abbildung 38:	Durchschnittsgeschwindigkeit pro Stunde auf der Versuchsstrecke Dovreskogen vor (rot) sowie nach (grün) der Einführung der AGK (gemessen jeweils während einer Woche). Neben der Durchschnittsgeschwindigkeit (Snittfart) sank auch der Anteil (Andel) derjenigen Fahrzeuge welche über 80 km/h bzw. über 90 km/h fuhren. ⁵⁰	39
Abbildung 39:	Tempoentwicklung nach Durchfahrt der AGK. Dabei wurde das Tempo bei Messpunkt B als 100 % gesetzt und die gemessenen Tempi nach 100 m, 500 m, 1000 m und 1500 m relativ dazu angegeben. Es zeigt sich, dass bereits kurz nach der Messstrecke der Effekt der Temporeduktion wieder aufgehoben ist. ⁵⁰	40
Abbildung 40:	Tempoentwicklung vor Durchfahrt der AGK. Dabei wurde das Tempo bei Messpunkt A als 100 % gesetzt und die gemessenen Tempi 160 m und 1300 m vor der Messstrecke relativ dazu angegeben. Generell gibt es wenige gezielte Tempoanpassungen direkt vor dem Beginn der Messstrecke. Dieser Befund wurde durch eine stichprobeweise Kontrolle der Bremslichter ebenfalls bestätigt. ⁵⁰	40
Abbildung 41:	Prinzipielle Messanordnung und Lage der AGK-Portale für das begleitende Messkonzept AGK Pilotversuche „Freie Strecke“ und „Tunnel“	45
Abbildung 42:	AGK Eingangsportal (links), AGK Ausgangsportal (Mitte) und anschliessendes Fahrererkennungssystem für die Beweisbildfassung (rechts), Pilotabschnitt A2 Arisdorftunnel	48
Abbildung 43:	Beispielfoto der Kennzeichenkamera am Eingangsportal	48
Abbildung 44:	Laserscan eines Sattelschleppers	49
Abbildung 45:	Eine von zwei installierten Beweisbildkameras nach dem AGK Austrittsportal im Pilotabschnitt A2 Arisdorftunnel	50

Abbildung 46:	Fahrererkennungssystem mit Beweisbildkamera und Blitzlicht beim Pilotabschnitt A2 Arisdorftunnel	51
Abbildung 47:	Längenprofil des Pilotabschnitts A2 Arisdorftunnel in Fahrtrichtung Luzern	54
Abbildung 48:	Eintrittsquerschnitt bei km 20.260 (links), Tunnelportal Nord bei km 20.430 (Mitte) und Austrittsquerschnitt bei km 22.010 (rechts) auf dem Pilotabschnitt A2 Arisdorftunnel in Fahrtrichtung Luzern	54
Abbildung 49:	Prinzipschema Messanordnung und Portalstandorte AGK im Pilotabschnitt „Tunnel“, N02 Tunnel Arisdorf & Vorzonen, Fahrtrichtung Luzern	55
Abbildung 50:	Rohdatenstruktur der Verkehrsdatenerfassung mit Doppel-Induktionsschlaufen und Marksmann M72x VDE-Gerät (Beispiel)	57
Abbildung 51:	Jahresganglinie des durchschnittlichen täglichen Verkehrs im Pilotabschnitt „A2 Arisdorftunnel“ in Fahrtrichtung Luzern für das Jahr 2010 (Zählstelle CH550)	58
Abbildung 52:	Jahresganglinien des durchschnittlichen Verkehrs an Werktagen DWV (links) sowie an Samstagen und Sonntagen DSaSoV (rechts) im Pilotabschnitt „A2 Arisdorftunnel“ in Fahrtrichtung Luzern für das Jahr 2010 (Zählstelle CH550)	58
Abbildung 53:	Wochenganglinie des durchschnittlichen täglichen Verkehrs im Pilotabschnitt „A2 Arisdorftunnel“ in Fahrtrichtung Luzern für das Jahr 2010 (Zählstelle CH550)	59
Abbildung 54:	Tagesganglinien des durchschnittlichen Verkehrs an Werktagen (links) sowie an Samstagen und Sonntagen (rechts) im Pilotabschnitt „A2 Arisdorftunnel“ in Fahrtrichtung Luzern für das Jahr 2010 (Zählstelle CH550)	59
Abbildung 55:	Veränderung der Standardabweichungen aller Fahrzeuge auf dem Normalfahrstreifen (links) und auf dem Überholfahrstreifen (rechts)	61
Abbildung 56:	Veränderung der Standardabweichungen aller frei fahrenden Fahrzeuge auf dem Normalfahrstreifen (links) und auf dem Überholfahrstreifen (rechts)	63
Abbildung 57:	Verlauf der mittleren Geschwindigkeiten auf dem Normalfahrstreifen für die Gruppen „alle Fahrzeuge“ und „nur Lastwagen“ (am Beispiel der Vorher-Phase)	64
Abbildung 58:	Vorher/Nachher-Vergleich der Geschwindigkeitsverläufe aller Fahrzeuge auf dem Normalfahrstreifen (oben) und auf dem Überholfahrstreifen (unten)	65
Abbildung 59:	Vorher/Nachher-Vergleich der Geschwindigkeitsverläufe aller frei fahrenden Fahrzeuge auf dem Normalfahrstreifen (oben) und auf dem Überholfahrstreifen (unten)	69
Abbildung 60:	Ergebnisse der Auswertungen der mittleren Zeitlücken Δt_m (rote Linie) in Abhängigkeit der Verkehrsbelastung in der Vorher-Phase (links) bzw. Nachher-Phase (rechts) auf dem Normalfahrstreifen (oben) bzw. Überholfahrstreifen (unten) im Messquerschnitt QS 3	71
Abbildung 61:	Veränderung der mittleren Zeitlücken auf dem Normalfahrstreifen (links) und auf dem Überholfahrstreifen (rechts) in Abhängigkeit der Fahrstreifenbelastung (auf Basis von 5'-Intervallen)	72
Abbildung 62:	Veränderung der mittleren Zeitlücken auf dem Normalfahrstreifen (links) und auf dem Überholfahrstreifen (rechts) bei Fahrstreifenbelastungen von 750 Mfz/h	73
Abbildung 63:	Veränderung der Standardabweichungen für die Gruppe der „Personenwagen“ auf dem Normalfahrstreifen (links) und auf dem Überholfahrstreifen (rechts)	74
Abbildung 64:	Vorher/Nachher-Vergleich der Geschwindigkeitsverläufe für die Gruppe der „Personenwagen“ auf dem Normalfahrstreifen (oben) und auf dem Überholfahrstreifen (unten)	76
Abbildung 65:	Vorher/Nachher-Vergleich der Übertretungsquoten der Gruppe „Personenwagen“ auf dem Normalfahrstreifen (links) und auf dem Überholfahrstreifen (rechts)	81

Abbildung 66: Veränderung der Standardabweichungen für die Gruppe der „Lastwagen“ auf dem Normalfahrstreifen	83
Abbildung 67: Vorher/Nachher-Vergleich des Geschwindigkeitsverlaufs für die Gruppe der „Lastwagen“ auf dem Normalfahrstreifen	84
Abbildung 68: Vorher/Nachher-Vergleich der Übertretungsquoten der Gruppe „Lastwagen“ auf dem Normalfahrstreifen	87
Abbildung 69: Veränderung der Standardabweichungen für die Gruppe der „Personenwagen mit Anhänger“ auf dem Normalfahrstreifen (links) und auf dem Überholfahrstreifen (rechts)	89
Abbildung 70: Vorher/Nachher-Vergleich der Geschwindigkeitsverläufe für die Gruppe der „Personenwagen mit Anhänger“ auf dem Normalfahrstreifen (oben) und auf dem Überholfahrstreifen (unten)	90
Abbildung 71: Vorher/Nachher-Vergleich der Übertretungsquoten der Gruppe „Personenwagen mit Anhänger“ auf dem Normalfahrstreifen (links) und auf dem Überholfahrstreifen (rechts)	94
Abbildung 72: Veränderung der Standardabweichungen für die Gruppe der „Reisebusse und Cars“ auf dem Normalfahrstreifen (links) und auf dem Überholfahrstreifen (rechts)	95
Abbildung 73: Vorher/Nachher-Vergleich der Geschwindigkeitsverläufe für die Gruppe der „Reisebusse und Cars“ auf dem Normalfahrstreifen (oben) und auf dem Überholfahrstreifen (unten)	96
Abbildung 74: Vorher/Nachher-Vergleich der Übertretungsquoten der Gruppe „Reisebusse und Cars“ auf dem Normalfahrstreifen (links) und auf dem Überholfahrstreifen (rechts)	99
Abbildung 75: Vorher/Nachher-Vergleich der Standardabweichungen auf dem Normalfahrstreifen im Pilotabschnitt A2 Arisdorftunnel in Abhängigkeit der Fahrzeuggruppe	101
Abbildung 76: Vorher/Nachher-Vergleich der Standardabweichungen auf dem Überholfahrstreifen im Pilotabschnitt A2 Arisdorftunnel in Abhängigkeit der Fahrzeuggruppe	101
Abbildung 77: Vorher/Nachher-Vergleich der mittleren Geschwindigkeiten auf dem Normalfahrstreifen im Pilotabschnitt A2 Arisdorftunnel in Abhängigkeit der Fahrzeuggruppe	102
Abbildung 78: Vorher/Nachher-Vergleich der mittleren Geschwindigkeiten auf dem Überholfahrstreifen im Pilotabschnitt A2 Arisdorftunnel in Abhängigkeit der Fahrzeuggruppe	103
Abbildung 79: Vorher/Nachher-Vergleich der Übertretungsquoten auf dem Normalfahrstreifen im Pilotabschnitt A2 Arisdorftunnel in Abhängigkeit der Fahrzeuggruppe	104
Abbildung 80: Vorher/Nachher-Vergleich der Übertretungsquoten auf dem Überholfahrstreifen im Pilotabschnitt A2 Arisdorftunnel in Abhängigkeit der Fahrzeuggruppe	104
Abbildung 81: Prinzipschema Messanordnung und Standort semi-portable AGK (Übergangslösung) im Pilotabschnitt „Freie Strecke“, A9 Aigle – Bex-Nord, Fahrtrichtung Sion	105
Abbildung 82: Jahresganglinie des durchschnittlichen täglichen Verkehrs im Pilotabschnitt „A9 Aigle – Bex-Nord“ in Fahrtrichtung Sion für das Jahr 2010 (Zählstelle CH250)	108
Abbildung 83: Jahresganglinien des durchschnittlichen Verkehrs an Werktagen DWV (links) sowie an Samstagen und Sonntagen DSaSoV (rechts) im Pilotabschnitt „A9 Aigle – Bex-Nord“ in Fahrtrichtung Sion für das Jahr 2010 (Zählstelle CH250)	108
Abbildung 84: Wochenganglinie des durchschnittlichen täglichen Verkehrs im Pilotabschnitt „A9 Aigle – Bex-Nord“ in Fahrtrichtung Sion für das Jahr 2010 (Zählstelle CH250)	109

Abbildung 85: Tagesganglinien des durchschnittlichen Verkehrs an Werktagen (links) sowie an Samstagen und Sonntagen (rechts) im Pilotabschnitt „A9 Aigle – Bex-Nord“ in Fahrtrichtung Sion für das Jahr 2010 (Zählstelle CH250)	109
Abbildung 86: Veränderung der Standardabweichungen aller Fahrzeuge für beide Fahrstreifen	111
Abbildung 87: Veränderung der Standardabweichungen aller frei fahrenden Fahrzeuge für beide Fahrstreifen	112
Abbildung 88: Vorher/Nachher-Vergleich der Geschwindigkeitsverläufe aller Fahrzeuge für beide Fahrstreifen	114
Abbildung 89: Vorher/Nachher-Vergleich der Geschwindigkeitsverläufe aller frei fahrenden Fahrzeuge für beide Fahrstreifen	117
Abbildung 90: Veränderung der Standardabweichungen für die Gruppe der „Personenwagen“ für beide Fahrstreifen	118
Abbildung 91: Vorher/Nachher-Vergleich der Geschwindigkeitsverläufe für die Gruppe der „Personenwagen“ für beide Fahrstreifen	119
Abbildung 92: Vorher/Nachher-Vergleich der Übertretungsquoten der Gruppe „Personenwagen“ für beide Fahrstreifen	122
Abbildung 93: Veränderung der Standardabweichungen für die Gruppe der „Lastwagen“ für beide Fahrstreifen	123
Abbildung 94: Vorher/Nachher-Vergleich der Geschwindigkeitsverläufe für die Gruppe der „Lastwagen“ für beide Fahrstreifen	124
Abbildung 95: Vorher/Nachher-Vergleich der Übertretungsquoten der Gruppe „Lastwagen“ für beide Fahrstreifen	126

10.3 Literaturverzeichnis

10.3.1 Allgemein

- [1] Autostrade per l'Italia (2008); Speed Control Information System (SICVe). System description
- [2] BBC (2007); How do average speed cameras work?. Gefunden am 17.2.2009 unter <http://news.bbc.co.uk/1/hi/magazine/7048645.stm>
- [3] Bureau Verkeershandhaving OM (2008); Trajectcontrole. Gefunden am 16.2.2009 unter <http://www.trajectcontrole.nl>
- [4] European Transport Safety Council (2008); Managing Speed. Towards Safe and Sustainable Road Transport. Gefunden am 16.2.2009 unter <http://www.pacts.org.uk/docs/pdf-bank/Managing%20Speed.pdf>
- [5] Kantonspolizei Zürich, Verkehrstechnische Abteilung (1993); Auswirkungen von Radarkabinen auf das Verkehrs- und Unfallgeschehen
- [6] ÖMATC (2009); Section Control-Überwachungen. Bis Juni 2009 nur zwei fixe Streckenradars scharf. Gefunden am 13.2.2009 unter <http://www.oeamtc.at/netautor/pages/resshp/anwendg/1103906.html>
- [7] Osrael, E., Robatsch, K. (2007); Section Control – Analyse der Auswirkungen auf das Unfallgeschehen und das Geschwindigkeitsverhalten. Aus: Strassen und Verkehrstechnik (7)
- [8] SCS (2009); Speed Check Services. Safer, smoother traffic flows. Gefunden am 16.2.2009 unter <http://www.speedcheck.co.uk>

- [9] Westerschelde Tunnel (2009); Speed. Gefunden am 13.2.2009 unter <http://www.westerscheldetunnel.nl/index.cfm?sid=24&language=en>
- [10] ASTRA (2002); Beitrag der Verkehrstelematik zu einer Verkehrssicherheitspolitik (VESIPO), Rapp AG, 2001/062
- [11] Bundesamt für Statistik (2007)
- [12] Beratungsstelle für Unfallverhütung bfu (2008); Fachbroschüre Tempo-30-Zonen
- [13] ETSC (2008); Blueprint for the EU's 4th Road Safety Action Programme 2010-2020
- [14] ETSC (2008); 2nd Road Safety PIN Report
- [15] Kloeden, C. N., McLean, A. J., Glonek, G. (2002); Reanalysis of travelling speed and the rate of crash involvement in Adelaide South Australia. Report No. CR 207. Australian Transport Safety Bureau ATSB, Civic Square, ACT
- [16] Mackay M. (2005); Quirks of mass accidents data bases, Journal of traffic injury prevention, S. 308-311, Ausgabe Dezember
- [17] Nilsson, G. (1982); The effects of speed limits on traffic crashes in Sweden. In: Proceedings of the international symposium on the effects of speed limits on traffic crashes and fuel consumption, Dublin. Organisation for Economy, Co-operation and Development (OECD)
- [18] Taylor M., Lynam D., Baruya A (2000); The effects of drivers' speed on the frequency of road accidents; TRL Report 421
- [19] SUPREME (2007); Thematic Report F6 Enforcement

10.3.2 Fahrzeugseitige Methoden

- [20] Agerholm, N. et al. (2007); Preliminary results from the Danish ISA project Spar paa Farten - behavior; Paper ITS Europe Congress Aalborg
- [21] Belarbi, F., Fremont, G., Petit, F. (2007); Cofiroute; Système de mesure des temps intervehiculaires sur l'autoroute A10; Beitrag in Zeitschrift TEC No.194
- [22] Beyst, V. (2006); PROSPER: Final report on Stakeholder Analysis, Deliverable 2.4
- [23] Blervaque, V. (2008); MAPS&ADAS: Final Report, Deliverable 12.1
- [24] Biding, T., Lind, G. (2002); Intelligent Speed Adaptation (ISA), Results of large-scale field trials in Borlänge, Lidköping, Lund and Umeå during the period 1999-2002
- [25] Carsten, O.(2002); European research on ISA: where are we now and what remains to be done; Paper ICTCT workshop Nagoya
- [26] Dilleén, J., Jenstav, M. (2008); WSP Group; Vortrag ITS Kongress Genf
- [27] Driscoll, R. et al. (2007); LAVIA – an evaluation of the potential safety benefits of the French Intelligent Speed Adaptation Project; Paper AAAM Conference Melbourne
- [28] ERTICO (2005); SpeedAlert: Final Report
- [29] European Transport Safety Council (2005); In-Car Enforcement Technologies Today
- [30] European Transport Safety Council (2006); Intelligent Speed Assistance – Myths and Reality
- [31] Flament, M. (2005); ActMAP: Final Report, Deliverable 1.2
- [32] Frémont, F. (2004); Cofiroute: Improving road safety with the Average Speed Information system, ITS European Congress Budapest
- [33] Kullgren, A. et al. (2005); ETSC: In-car enforcement technologies today

- [34] Lahrmann, H. et al. (2007); Spar paa Farten: an Intelligent Speed Adaptation project in Denmark based on Pay As You Drive principles; Paper ITS Europe Congress Aalborg
- [35] Mazurek, Udine (2006); Rewarding safe driving
- [36] Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2005); Belonitor – de kracht van belonen
- [37] Oehry, B. et al. (2008); Rapp Trans AG; Transport Regulatory Uses of Telematics in Europe
- [38] Päätaalo, M. et al. (2001); Intelligent Speed Adaptation – Effects on driving behaviour; Paper Traffic Safety on Three Continents Conference Moscow
- [39] Peltola, H. (2008); Recording ISA; Vortrag ITS Kongress Genf
- [40] Pianelli, C., Saad, F. (2006); Acceptabilité du limiteur s'adaptant à la vitesse autorisée (LAVIA); Vortrag LAVIA Seminar Versailles
- [41] PROSPER (2005); D2.4 Final Report on Stakeholder Analysis
- [42] PROSPER Factsheet (2005); Driver behaviour effects
- [43] Rook, A.M., Hogema, J.H. (2005); Effects of human-machine interface design for Intelligent Speed Adaptation on driving behavior and acceptance, Transportation Research Record 1937, pp. 79-86
- [44] Swaan, H.W.J., van Vliet, J.M.C., Bevers, P. (2008); Province of Noord-Brabant, Vortrag ITS Congress Genf
- [45] TNO (2007); Onafhankelijk onderzoek toont aan dat navigatiesystemen een positieve invloed hebben op verkeersveiligheid, [auf Holländisch]
- [46] Lai, F. & Carsten, O. (2008); Analysis of overriding of the ISA system, Vortrag ITS Kongress Genf
- [47] University of Leeds / MIRA Ltd (2003); ISA UK D1: Implications of travel patterns for ISA
- [48] Várhelyi, A. et al. (2002); The effects of large scale use of active accelerator pedal in urban areas; Paper ICTCT Workshop Nagoya
- [49] Várhelyi, A., Mäkinen, T. (2001); The effects of in-car speed limiters: Field studies, Transportation Research Part C, Vol. 9, no. 3, pp. 191-211
- [50] Vlassenroot, S. et al. (2007); Driving with intelligent speed adaptation: Final results of the Belgian ISA-trial, Transportation Research Part A, Vol. 41, no. 3, pp. 267-279
- [51] Von Heidenstamm, P. (2008); GOODISA I&II; Vortrag ITS Kongress Genf

10.3.3 Strassenseitige Methoden

- [52] Egeler, Ch. (2003); Rapp Trans AG; Machbarkeitsstudie Abschnittsgeschwindigkeitskontrolle
 - [53] Belarbi, F., Fremont, G., Petit, F. (2007); Cofiroute; Système de mesure des temps intervehiculaires sur l'autoroute A10; Beitrag in Zeitschrift TEC No.194
 - [54] Gains, A. (2005); PA Consulting Group; The national safety camera programme – four year evaluation report
 - [55] Hiroshi, K., Yasunori, K. (2003); Basic Research for Merging Assist Service; Vortrag ITS Kongress
 - [56] Koch, R. (1995); Tiefbauamt Stadt Luzern; Versuch mit einer Geschwindigkeitsanzeige
 - [57] Ministère des travaux publics (2002); Fact sheet „Sicherheitsphilosophie der neuen Luxemburger Strassentunnels am Beispiel des Tunnels Markusbiertg“
 - [58] ONISR (2006); Impact du contrôle sanction automatisé sur la sécurité routière 2003-2005
-

- [59] Osrael, E., Robatsch, K. (2008); Auswirkungen von Section Control auf die Verkehrssicherheit im österreichischen Autobahnnetz am Beispiel Kaisermühlentunnel. Aus: Strassen und Verkehrstechnik (7)
- [60] Stefan, C. (2006); Section control – automatic speed enforcement in the Kaisermühlen tunnel (Vienna, A22 Motorway). Austrian Road Safety Board (KvF)

10.4 Abkürzungsverzeichnis

AAP	A ctive A ccelerator P edal (auch als „haptic throttle“ bekannt)
ACC	A daptive C ruise C ontrol Abstandregeltempomat
ADAS	A dvanced D river A ssistance S ystems fortschrittliches Fahrerassistenzsystem
AGK-Anlagen	A bschnittsgeschwindigkeitskontroll-Anlage
C.A.S.E.	C ontinuous A ppplied S peed E nforcement
ETSC	E uropean T ransport S afety C ouncil
GMA	G eschwindigkeits m essanlagen
GPRS	G eneral P acket R adio S ervice paketorientierter Übertragungsdienst
GSM	G lobal S ystem for M obile communications Standard für volldigitale Mobilfunknetze
HLS	H ochleistungs s trasse
INVENT	Intelligenter Verkehr und nutzgerechte Technik
IR-Blitzgeräte	I nfrarot-Blitzgeräte
ISA	I ntelligent S peed A daptation
ISI	I ntelligent S peed I nformation
ITS	I ntelligent T ransport S ystem
LED	L ight- e mitting d iode (lichtemittierende Diode)
OBU	O n B oard U nit (Erfassungsgerät)
OCR	O ptical c haracter r ecognition
PAYD	P ay A s Y ou D rive
PDA	P ersonal d igital a ssistant
PPP	P ublic P rivate P artnerships
PROSPER	P roject for R esearch O n S peed adaptation P olicies on E uropean R oads
TEN-T Netz	Trans-European transport networks
TSR	T raffic S ign R ecognition
UEL	U nità di e laborazione l ocale
UN-ECE	U nited N ations – E conomic C ommission for E urope
UPS	U nfälle mit P ersonens c haden
URV	U nità integrata di r ilevamento v eicoli, r epresa immagine, e lettura targhe
USB	U niversal S erial B us
VDE	V erkehrs d atenerfassung
VESIPO	neue Strassenverkehrssicherheitspolitik der Schweiz
VLS	V erkehrs l eitsystem
VTS	V erordnung über die t echnischen Anforderungen an S trassenfahrzeuge
WP	W orking P arty

10.5 Anhangverzeichnis

Anhang A:	Pilotabschnitt A2 Arisdorftunnel; Streckenübersicht
Anhang B:	Pilotabschnitt A2 Arisdorftunnel; Ergebnisse der Geschwindigkeitsmessungen
Anhang C:	Pilotabschnitt A2 Arisdorftunnel; Spezifische Auswertung der Geschwindigkeitsmessungen
Anhang D:	Pilotabschnitt A2 Arisdorftunnel; Auswertung der mittleren Zeitlücken
Anhang E:	Pilotabschnitt A9 Aigle – Bex-Nord; Streckenübersicht
Anhang F:	Pilotabschnitt A9 Aigle – Bex-Nord; Ergebnisse der Geschwindigkeitsmessungen
Anhang G:	Pilotabschnitte A2 Arisdorftunnel und A9 Aigle – Bex-Nord, Unfallgeschehen