

## Entwicklung besonderer Fahrbahnbeläge zur Beeinflussung der Geschwindigkeitswahl

FA 3.401

Forschungsstelle: RWTH Aachen, Institut für Straßenwesen (isac) (Prof. Dr.-Ing. habil. B. Steinauer)

Bearbeiter: Steinauer, B. / Lank, C. / Busen, C.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn

Abschluss: April 2009

### 1 Aufgabenstellung

Seit Verfassung des Weißbuchs 2001 durch die Mitgliedstaaten der Europäischen Union wurden die Anstrengungen im Bereich der Verkehrssicherheit weiter verstärkt. Insbesondere die Reduktion der Verkehrstoten steht dabei im Fokus der Bemühungen. Unfallzahlen belegen, dass vor allem auf Landstraßen und hier im Bereich von Kurven ein hohes Potenzial hinsichtlich der Erhöhung der Verkehrssicherheit liegt.

Das Ziel dieses Forschungsvorhabens besteht in der Entwicklung einer kostengünstigen und schnell umsetzbaren Maßnahme zur Beeinflussung der Geschwindigkeit und Steigerung der Aufmerksamkeit von Kraftfahrern an potenziellen Gefahrenpunkten auf Landstraßen. Durch die positive Beeinflussung wird eine Erhöhung der Verkehrssicherheit erwartet.

Die Umsetzung der oben genannten Ziele wird am ehesten durch die gezielte akustische und haptische Beeinflussung der Fahrzeugführer erreicht. Zu diesem Zweck soll die Fahrbahnoberfläche mit Informationen versehen werden, die die Aufmerksamkeit des Kraftfahrers erhöhen bzw. eine angemessene Geschwindigkeit für den weiteren Streckenverlauf implizieren.

"Rüttelstreifen" wurden bisher eher aufgrund pragmatischer Ansätze konzipiert. Der wissenschaftliche Hintergrund fehlt diesen Ansätzen weitestgehend und macht eine vergleichende Bewertung der Maßnahmen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit unmöglich.

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes sollen die schwingungsmechanischen und akustischen Grundlagen aufbereitet werden, die eine gezielte Bewertung solcher Maßnahmen ermöglichen. Auf Basis dieser Grundlagen werden unterschiedliche Bauformen und Anordnungen von Rüttelstreifen konzipiert. Diese werden auf ausgewählten Versuchsstrecken baulich umgesetzt und hinsichtlich ihrer verkehrlichen Wirkung überprüft.

Die wissenschaftliche Bedeutung dieser Arbeit tritt dabei in zweierlei Hinsicht in den Vordergrund:

Zum einen hat sich die Europäische Gemeinschaft das ehrgeizige Ziel gesteckt, die Zahl der Verkehrstoten bis zum Jahre 2010 zu halbieren. Dieser Kraftakt ist mit vertretbarem Aufwand nur mit gezielten Maßnahmen möglich. Die Wirkung solcher Lösungen muss dabei vorhersehbar sein, um die Bemühungen und Ressourcen zielgerichtet einzusetzen.

Zum anderen muss diese Arbeit im Kontext der allgemeinen Entwicklung des Straßenentwurfs gesehen werden. Mit dem Konzept der RAA und RAL werden neben fahrdynamischen Entwurfskriterien zunehmend psychologische Gesichtspunkte berücksichtigt. Den neuen Richtlinien liegt die Idee der "selbsterklärenden Straße" zugrunde. Die Straße soll durch ihre Entwurfs- und Betriebsmerkmale das Verhalten des Verkehrsteilnehmers erheblich prägen und so die Verkehrssicherheit positiv beeinflussen. Eine haptische und akustische Einwirkung

auf das Fahrerverhalten ist als schlüssige Konsequenz dieser Grundidee anzusehen.

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit sollen durch theoretische und empirische Ansätze baulich umsetzbare, hinsichtlich ihrer Wirksamkeit optimierte Lösungsvorschläge für Rüttel Elemente erarbeitet werden.

### 2 Untersuchungsmethodik

In einem ersten Arbeitsschritt wird der aktuelle Stand der Technik zusammengefasst. Diese Grundlagenstudie ermöglicht eine erste Übersicht über die bereits praktizierten Anwendungen. Auf Basis dieser Daten ist es möglich, die bestehenden Varianten zu vergleichen und deren Umsetzbarkeit auf deutschen Straßen zu hinterfragen.

Die Vielzahl der so ermittelten sinnvollen Varianten wird durch theoretische Modelle weiter eingegrenzt, um so lediglich die relevanten Formen von Rüttelstreifen in Feldversuchen zu untersuchen. Für diesen Arbeitsschritt sind primär mathematische Modelle, Simulationen und Forschungserkenntnisse aus dem Bereich der Haptik und der Akustik geeignet. Nach Abschluss dieser Voruntersuchungen werden die ausgewählten Varianten in Feldversuchen analysiert. Die Versuche werden dabei nochmals unterteilt. In der ersten Phase werden einzelne Elemente auf einer Versuchsstrecke ohne Verkehr untersucht. Im Vordergrund dieser ersten Feldversuche steht die physikalische Wirkung auf die Fahrzeuge. Diese werden durch Sensoren erfasst und analysiert. Aufgrund der Erkenntnisse dieser Untersuchungen lassen sich optimierte Bauformen ableiten, die in einer zweiten Versuchsreihe auf freier Strecke unter Verkehr hinsichtlich ihrer Wirkung auf den Verkehrsteilnehmer untersucht werden.

### 3 Untersuchungsergebnisse

#### 3.1 Grundlagenstudie

Die Recherchen zur Anwendung und wissenschaftlichen Untersuchung von Rüttelstreifen haben gezeigt, dass es eine Vielzahl an unterschiedlichen Ausführungsformen und Ergebnissen zur Wirkung von Rüttelstreifen gibt.

Auf internationaler Ebene werden Rüttelstreifen in einigen Ländern bereits seit Jahren eingesetzt. Das Einsatzgebiet von Rüttelstreifen liegt in allen untersuchten Ländern vor gefährlichen Kurven, gefährlichen Kreuzungen und Unfallschwerpunkten. Hinsichtlich der Wirkung von Rüttelstreifen auf das Fahrerverhalten liegen sowohl die reine Steigerung der Aufmerksamkeit, als auch die aktive Beeinflussung der Geschwindigkeit im Fokus der Anwender. Erfahrungsberichte und Studien beschreiben eine positive Wirkung von Rüttelstreifen auf die Geschwindigkeit und auf das Unfallgeschehen. Wissenschaftliche Studien und Untersuchungen haben nachgewiesen, dass Geschwindigkeitsreduktionen zwischen 1 und 7 km/h möglich sind. Zusätzlich belegen Untersuchungen eine mögliche Reduktion der Unfallzahlen zwischen 5 und 30 %. Diese Aussagen sind jedoch nicht statistisch abgesichert und verstehen sich als qualitativ.

Neben der positiven Wirkung auf das Geschwindigkeitsverhalten wurde in vielen Ländern auch von negativen Aspekten wie ein Umfahren der Rüttelstreifen sowie erhöhten Lärmimmissionen berichtet.

Die Erkenntnisse aus den Ländern, in denen Rüttelstreifen bereits eingesetzt werden oder wissenschaftlich untersucht wurden, fließen neben den theoretischen Grundlagen der

Haptik und Akustik in die Konzeption der Versuche dieses Projekts ein.

## 3.2 Messtechnische Vorversuche

Auf Basis der Grundlagenstudie wurden Einzelformen und Elementfolgen konzipiert, welche im Rahmen der messtechnischen Voruntersuchungen hinsichtlich ihrer haptischen und akustischen Wirkung auf den Fahrzeugführer analysiert wurden.

Im Einzelnen ergeben sich die akustischen und psychoakustischen Messreihen der A-bewerteten Lautstärke, Lautheit, Schärfe, Rauheit und die schwingungstechnischen Messreihen der bewerteten Vertikalschwingungen der Sitzschiene, Sitzfläche und des Lenkrads.

Die Analysen zeigen, dass die haptischen Signale weniger von der Bauform der Einzelelemente abhängen, als vielmehr von deren Höhe und der "Plötzlichkeit" der vertikalen Auslenkung. Als betrieblich optimale und kostengünstigste Bauform stellt sich nach diesen Untersuchungen die Sägezahnform dar. In Anlehnung an die Konzepte von Brilon (2001) und den Empfehlungen der MVMot 2007 wurde die maximale Höhe des gesamten Profils aus betrieblichen Gründen auf 15 mm begrenzt.

Analog zu den Auswertungen zur Wirkung von Einzelbauformen erfolgten Analysen zur Anordnung, d. h. insbesondere zu dem Abstand einzelner Streifen untereinander. Da sich die Schwingungsempfindlichkeit von Pkw und Lkw als unterschiedlich darstellt – beide Fahrzeugtypen werden vorrangig von unterschiedlichen Frequenzen angeregt – ergeben sich für beide Fahrzeugklassen unterschiedliche Ergebnisse.

Für Pkw kann der optimale Abstand zwischen einzelnen Rüttelstreifen für den auf Landstraßen relevanten Geschwindigkeitsbereich von 70 km/h bis 120 km/h mit 3 m identifiziert werden. Eine starke Variation der Wirkung bei gleichem Abstand und sich ändernder Geschwindigkeit konnte entgegen den Erwartungen und theoretischen Vorüberlegungen nicht beobachtet werden. Es ist nicht möglich, die Rüttelstreifen so zu konzipieren, dass die Wirkung nur die Fahrzeuge trifft, die die Geschwindigkeit überschreiten. Grundsätzlich werden alle Fahrzeuge mit ähnlicher physikalischer Wirkung beeinflusst. Inwieweit diese haptische Anregung durch eine individuelle und vor allem subjektive Bewertung unterschiedlich stark wahrgenommen bzw. als störend empfunden wird, konnte auf Basis der messtechnischen Vorversuche nicht geklärt werden.

Die messtechnischen Ergebnisse für Lkw zeigen, dass hier ein optimaler lateraler Abstand von 4 bis 5 m zwischen den einzelnen Streifen festzusetzen wäre. Dieser Abstand liegt ebenfalls im Bereich der Erwartungswerte und unterscheidet sich erwartungsgemäß von den Ergebnissen der Pkw-Messungen.

Die Anzahl der Streifen wird aus fahrsicherheitstechnischen Gründen auf maximal 5 Stück beschränkt. Dies soll zum einen ein Aufschaukeln der Karosserie und einen damit einhergehenden möglichen Kontrollverlust des Fahrers über sein Fahrzeug vermeiden, und zum anderen die laterale Ausdehnung so begrenzen, dass bei einer Reaktion auf die haptischen und akustischen Signale in Form von Bremsen der Kontakt zur herkömmlichen Straßenoberfläche gewährleistet ist.

## 3.3 Untersuchungen unter Verkehr

Die Rüttelstreifenform, die sich in den theoretischen und messtechnischen Vorversuchen als optimierte Form ergeben hat, wurde auf vier Landstraßen vor gefährlichen Kurven aufgebracht. Diese hatten sich in der Vergangenheit als unfallauf-

fällig erwiesen. Die Anordnung wurde aufgrund der Randbedingungen und der individuellen Unterschiede der Strecken (beispielsweise Radienfolge, einmündende Wege, Beschilderung) leicht variiert.

Vor der baulichen Umsetzung der Rüttelstreifen wurden auf den vier Untersuchungsstrecken Geschwindigkeitsmessungen durchgeführt. Das Geschwindigkeitsverhalten wurde an wesentlichen Punkten im Annäherungsbereich sowie in der Kurve selbst mithilfe von Seitenradargeräten aufgenommen. Nach einer Eingewöhnungszeit von mindestens vier Wochen nach der Installation der Rüttelstreifen wurden die verkehrlichen Erhebungen an allen vier Strecken wiederholt.

Zur Abgrenzung möglicher Wirkungen der Rüttelstreifen von Effekten aus Wetter, Untersuchungskollektiv oder weiteren Einflussgrößen wurden parallel zu den Hauptmessungen an einem Querschnitt im Umkreis der jeweiligen Untersuchungsstrecke Kontrollgruppenmessungen vorgenommen. Die Kontrollgruppen ergaben ein homogenes und stabiles Geschwindigkeitsverhalten. Die Schwankungen innerhalb der Geschwindigkeitsverteilung betragen zwischen 0,50 und 2,30 km/h. Im Vergleich zu vorangegangenen Untersuchungen zum Fahrerverhalten auf Landstraßen stellen sich diese Schwankungen als gering und das allgemeine Fahrerverhalten somit als stabil und frei von Störeinflüssen dar.

Auf allen vier Strecken konnte ein teilweise deutlicher Rückgang der Geschwindigkeit verzeichnet werden. Der mittlere Rückgang der Geschwindigkeiten liegt zwischen 3 und 6 an einzelnen Messquerschnitten sogar bis zu 12 km/h. Die unterschiedliche Ausprägung des Effekts von Rüttelstreifen im Rahmen dieser Studie ist auf die unterschiedliche Charakteristik und Belastung der einzelnen Untersuchungsstrecken und auf den Standort der Querschnittsmessung zurückzuführen. Grundsätzlich ist die Reduktion der Geschwindigkeit auf allen Strecken im Bereich der Rüttelstreifen größer, als in der nachgelagerten Kurve. Durch die Rüttelstreifen wird demnach der Punkt der Verzögerung auf der Strecke vorgezogen. Die niedrigere Eingangsgeschwindigkeit in die Kurve bewirkt zwar auch dort einen Geschwindigkeitsrückgang, dieser ist jedoch in seiner Ausprägung geringer.

Die größten Effekte im Bereich der Rüttelstreifen wurden auf der B 477 erzielt. Diese zeichnet sich durch die höchste Ausgangsgeschwindigkeit und einen überbreit ausgebauten Querschnitt aus. Die Sichtweiten liegen auf der Strecke bei über 600 m und reduzieren sich im Bereich der Kurve auf ca. 100 m. Die Kurvigkeit dieser Strecke ist mit unter 50 gon/km am niedrigsten. Die Geschwindigkeit sank 60 Tage nach der baulichen Umsetzung der Rüttelstreifen im Annäherungsbereich um ca. 10 km/h ( $v_{50}$  und  $v_{85}$ ) bzw. um 15 km/h ( $v_{95}$ ).

Die Effekte auf der mäßig kurvigen L 257 (kleiner 100 gon/km) mit großen Sichtweiten (> 600 m) liegen 20 Tage nach Maßnahmenumsetzung um ca. ein bis vier km/h niedriger als auf der B 477.

Der geringste Effekt sowohl im Annäherungs- als auch im Kurvenbereich konnte auf der B 399 beobachtet werden. Die Erhebungen 40 Tage nach Applikation der Rüttelstreifen ergaben im Bereich der Streifen eine Geschwindigkeitsreduktion von ca. 5 bis 6 km/h über alle Geschwindigkeitsbereiche ( $v_{15}$ ,  $v_{50}$ ,  $v_{85}$ ,  $v_{95}$ ) und im Bereich der Kurve von lediglich 2 km/h. Diese geringere Reduktion der Geschwindigkeit wird zum einen auf die hohe Kurvigkeit (> 250 gon/km) und zum anderen auf die niedrigen Sichtweiten (100 bis 150 m) zurückgeführt. Des Weiteren liegt auf dieser Strecke mit 50 km/h die niedrigste zulässige Höchstgeschwindigkeit vor.

Der Anteil der Fahrer, die die  $v_{zul}$  überschreiten konnte auf der B 399 mit der Maßnahme um 12 bis 33 % bzw. der Anteil der

Fahrer, die die  $v_{zul}$  mit mehr als 10 km/h überschreiten um 5 bis 21 % reduziert werden. Diese Reduktion ist die deutlichste von allen Untersuchungsstrecken. Im Mittel sank der Anteil der Fahrer, die die zulässige Höchstgeschwindigkeit überschreiten bzw. um mehr als 10 km/h übertreten, auf allen Strecken um 2 bis 8 %.

Zusätzlich wurden weitere Untersuchungen zur Langzeitwirkung von Rüttelstreifen durchgeführt. Mit Messungen ein halbes bzw. ein ganzes Jahr nach Maßnahmenumsetzung sollte untersucht werden, inwieweit die Wirkung der Rüttelstreifen bestehen bleibt bzw. ob sich ein Gewöhnungseffekt einstellt.

Während die Reduktionen der Geschwindigkeit auf der L 257 18 Tage nach der Applikation der Rüttelstreifen im Bereich zwischen 6 und 11 km/h (auf Höhe der Rüttelstreifen) bzw. 3 und 10 km/h (innerhalb der Kurve) lag, konnte 279 Tage später wieder ein signifikanter Anstieg der Geschwindigkeit verzeichnet werden. Die Reduktionen lagen nun im gesamten Bereich der Untersuchungsstrecke mit 3 km/h um bis zu zwei Drittel unter dem zuvor gemessenen Effekt. Der Anteil der Geschwindigkeitsüberschreiter stieg ebenfalls wieder an, bleibt jedoch auch ca. ein Jahr nach der Maßnahmenumsetzung unter dem Ausgangsniveau. Auf dieser Strecke ist also eine langfristige Anpassung des Fahrerhaltens und ein Gewöhnungseffekt zu verzeichnen.

Auf der B 477 wurden ebenfalls Messungen sofort nach der Maßnahmenumsetzung (60 Tage) und nach einem längeren Zeitraum (172 Tage) durchgeführt. Auf dieser Strecke lässt sich anhand des Geschwindigkeitsverhaltens eine größere Akzeptanz hinsichtlich der Maßnahme nachweisen. Die Geschwindigkeitsrückgänge liegen bei beiden Messungen in ähnlichen Größenordnungen. Die Abweichungen der  $v_{85}$  und  $v_{95}$  betragen ca. 3 km/h und lagen zum Zeitpunkt der späteren Messung niedriger als bei den ersten Messungen 60 Tage nach Maßnahmenumsetzung.

Aufgrund der Erfahrungen aus vergangenen Studien wurde neben den reinen Geschwindigkeitsmessungen das allgemeine Fahrerhalten mittels Videobeobachtungen erhoben und analysiert. Außergewöhnliches Verhalten wie beispielsweise starke Verzögerungen vor den Streifen konnte nicht beobachtet werden. Dahingegen kam es jedoch auf allen Strecken zu Umfahrungen der Streifen. Die Rüttelstreifen wurden nur über eine Fahrspur aufgebracht und die Mittelmarkierung wurde nicht angepasst, sodass ein Ausweichen über die Gegenfahrbahn nicht unterbunden wurde. Der Anteil der Umfahrer am Gesamtkollektiv beträgt je nach Strecke zwischen 3 und 13 % (inklusive Zweiradfahrer). Von den insgesamt 365 beobachteten Umfahrungsmanövern wurden 12 (3,3 % aller Umfahrer bzw. 0,5 % des gesamten Fahrerkollektivs) mit einem Zeitabstand von weniger als 5 Sekunden zum Gegenverkehr durchgeführt. Die kleinste beobachtete Zeitlücke zum Gegenverkehr betrug dabei 2 Sekunden bei einem Motorrad und 3 Sekunden bei einem Pkw. Das Umfahren der Rüttelstreifen wurde im Rahmen der Untersuchung im Bezug auf die Gegebenheiten der Strecke (Sichtweite und Verkehrsbelastung) von den Beteiligten als unkritisch angesehen. Maßnahmen zur Unterbindung solcher Manöver können Modifikationen der Mittelmarkierung (beispielsweise Fahrstreifenbegrenzungslinie mit oder ohne Rüttel-elemente) darstellen.

Die letzte Bewertungsstufe stellt eine umfassende Akzeptanzuntersuchung dar. Zum einen wurde auf allen Strecken eine Fahrerbefragung durchgeführt. Die Analyse dieser Daten ergibt eine hohe Akzeptanz der – meist ortsansässigen – Fahrer für die Maßnahme. Zum anderen wurde die Akzeptanz innerhalb der Bevölkerung – mit Schwerpunkt auf den Anwohnern – ermittelt.

Aufgrund von subjektiv empfundenen und teilweise messtechnisch nachweisbaren zusätzlichen Lärmbelastungen durch die Rüttelstreifen liegt die Akzeptanz bei den Anwohnern auf einem niedrigen Niveau. Infolgedessen wurden an zwei Stellen die Rüttel-elemente nach Abschluss der Messungen wieder entfernt. Die Akzeptanz der Bewohner stellte sich im Rahmen des Projekts als ein maßgebliches Kriterium zum Einsatz von Rüttelstreifen heraus, welches bei zukünftigen Planungen besonders berücksichtigt werden muss.

#### 4 Folgerungen für die Praxis

Auf Basis der Erkenntnisse vorangegangener Forschungsarbeiten, Erfahrungsberichten über experimentelle Anwendungen und den Ergebnissen des vorliegenden Forschungsprojekts können Rüttelstreifen mit einigen Einschränkungen als wirkungsvolles und vor allem kostengünstiges Mittel zur Erhöhung der Verkehrssicherheit empfohlen werden.

Mögliche Einsatzgebiete für Rüttelstreifen bieten gefährliche Kurven, unfallträchtige Kreuzungen und Änderungen betrieblicher und baulicher Ausprägungen von Landstraßenstrecken.

Aufgrund der Akzeptanzuntersuchungen muss unbedingt auf einen ausreichenden Abstand zu Bebauungen geachtet werden. Die Anwohner sollten zur Erhöhung der Akzeptanz früh in die Maßnahmenplanung einbezogen und über die Installation von Rüttelstreifen unterrichtet werden. Ein pauschaler Grenzwert für den Abstand zwischen Bebauung und Rüttelstreifen kann nicht gesetzt werden, da die Immission durch eine Vielzahl von Randbedingungen, wie Topografie, Windrichtungen oder Ausrichtung der Bebauung, beeinflusst wird.

Auf Strecken mit hoher Kurvigkeit und niedriger zulässiger Geschwindigkeit entfalten Rüttelstreifen in Bezug auf die Geschwindigkeit eine eher geringe Wirkung, da die Streckencharakteristik die Geschwindigkeitswahl a priori stark einschränkt. Aufgrund der geringen Streckenanzahl kann ein Wertebereich für die Kurvigkeit nicht quantifiziert werden. Im Rahmen weiterer Untersuchungen und auf Basis von Erfahrungsberichten von Anwendern sollten sinnvolle Bereiche stärker eingegrenzt werden. Inwiefern eine Steigerung der Aufmerksamkeit die Unfallzahlen positiv beeinflusst und somit den Einsatz von Rüttelstreifen auch bei geringeren Auswirkungen auf das Geschwindigkeitsverhalten rechtfertigt, bleibt zu untersuchen.

Die Rüttelstrecken sollten gemäß den aufgeführten Empfehlungen ausgebildet werden. Eine Anordnung über die gesamte Fahrbahn wird aufgrund von Gewöhnungseffekten und damit verbundenen negativen Auswirkungen auf die Akzeptanz nicht empfohlen. Um ein Umfahren der Rüttelstreifen zu vermeiden ist gegebenenfalls eine Modifikation der Mittelmarkierung – beispielsweise Doppelstrich oder Rüttel-elemente in Längsrichtung – vorzunehmen. Die im Forschungsprojekt entwickelten Regelzeichnungen stellen dabei eine Empfehlung dar, die den örtlichen Gegebenheiten angepasst werden müssen. Bei größeren Abständen zwischen Geschwindigkeitsbegrenzung und Gefahrenstelle können beispielsweise zusätzliche Streifenpakete angeordnet werden. Hierbei ist jedoch darauf zu achten, dass die Gesamtzahl der Streifen bzw. die laterale Ausdehnung der gesamten Maßnahme nicht zu groß wird, da sonst Gefahr besteht, dass zum einen die Akzeptanz der Fahrer sinkt und zum anderen ein Gewöhnungseffekt eintritt.

Bautechnisch wird der Einsatz von Profilmarkierung empfohlen. Die Rüttelstreifen sind so vor allem kostengünstig und schnell herzustellen ohne die Straßensubstanz durch Fräsarbeiten der Deckschicht zu schwächen. Ein weiterer Vorteil besteht in der

zusätzlichen optischen Warnung der Verkehrsteilnehmer durch die retroreflektierenden Eigenschaften und die weiße Einfärbung des Materials.

Zur abschließenden Klärung einzelner Fragen zum Einsatz von Rüttelstreifen als Maßnahme zur Erhöhung der Verkehrssicherheit, aber auch als Grundlage für andere Forschungsfelder wird die Untersuchung u. a. folgender Fragestellungen empfohlen:

- Bestätigt sich der Zusammenhang zwischen Geschwindigkeitsdämpfung und Reduktion der Unfallzahlen auch für die Anlage von Rüttelstreifen?
- Beruht die Wirkung von Rüttelstreifen maßgeblich auf der Geschwindigkeitsreduktion oder vorrangig auf der Erhöhung der Aufmerksamkeit?
- Wie verhält sich die Wirksamkeit von Rüttelstreifen im Vergleich zu anderen Maßnahmen der Verkehrssicherheit wie beispielsweise Verkehrsüberwachungen durch die Polizei?
- Wie lässt sich die externe Schallemission von Rüttelstreifen minimieren, ohne die interne Wirkung negativ zu beeinflussen bzw. ohne den baulichen Aufwand der Maßnahme überproportional zu steigern, bzw. ab welcher Entfernung zur Wohnbebauung ist der Einsatz nach aktueller Ausführungsempfehlung unkritisch?