

FORSCHUNGSPROJEKT "RÜTTLEX"

Entwicklung von Rüttelstreifen zur Vermeidung von Fehlverhalten an Eisenbahnkreuzungen

Zusammenfassung der Projektergebnisse

Im Forschungsprojekt RÜTTLEX wurden die sog. Rüttelstreifen für die Anwendung in den Annäherungsbereichen zu Eisenbahnkreuzungen konstruiert und auf zwei Teststrecken in Österreich praktisch erprobt. Sie bieten eine relativ einfache und kostengünstige Maßnahme zur Erhöhung der Aufmerksamkeit der KraftfahrerInnen, die durch einen optischen und haptischen Effekt (Vibrationen und Unterbrechung der Fahrmonotonie) erreicht wird.

Aus der Evaluierung der Rüttelstreifen mit verschiedenen Methoden (Geschwindigkeitsmessungen, Beobachtungen des Verhaltens, Befragungen der KraftfahrerInnen, Lärmmessungen) geht heraus, daß signifikante Reduzierungen der Fahrgeschwindigkeiten und bessere Akzeptanz der Verkehrsregeln erreicht werden können.

Die Ergebnisse sind jedoch nur auf der nichttechnisch gesicherten Eisenbahnkreuzung plausibel (Andreaskreuz + Stopptafel), auf der Eisenbahnkreuzung mit technischer Sicherung (LZA mit Schranke) dagegen nicht signifikant. Daraus resultiert die Empfehlung, die Rüttelstreifen stellen eine geeignete Maßnahme vorrangig für die nichttechnisch gesicherte Eisenbahnkreuzungen dar, wo laut Befragungen auch eine bessere öffentliche Akzeptanz erreicht werden kann.

Facts:

- Laufzeit: 07/2014-08/2016
- Auftragnehmer:
CDV - Centrum dopravního výzkumu, v.v.i., Brno, Tschechien
Ansprechpartner:
pavel.skladany@cdv.cz
- Projekt-Nr. 845 686
- Projektart: Experimentelle Entwicklung



ABB 1. Teststrecke Rüttelstreifen bei der Eisenbahnkreuzung in Raggendorf

Kurzzusammenfassung

Problem

Die Unfälle auf den Eisenbahnkreuzungen bleiben nach wie vor ein ernstes Problem. Im Jahre 2015 gab es bei diesen Unfällen in Österreich 22 Tote und es besteht immer eine öffentliche Nachfrage nach Sicherheitsmaßnahmen, insbesondere den kostengünstigen und leicht umsetzbaren. Die Rüttelstreifen können laut analysierten ausländischen Erfahrungen und Empfehlungen des Vorprojektes MANEUVER eine solche Maßnahme darstellen. Sie ist jedoch bisher bei den Eisenbahnkreuzungen in Österreich nicht erprobt worden und das Projekt RÜTTLEX sollte also die verlangte praktische Erfahrung bringen.

Gewählte Methodik

Das Projekt basiert auf der Errichtung von zwei Teststrecken und deren Evaluierung vorher / nachher. Die Evaluierungsmethodik kombiniert die Messungen (Fahrgeschwindigkeiten, Lärmbelastung), Beobachtungen (Verhalten beim STOP-Schild und die Wahl der Fahrspur) und psychologisches Experiment (der sog. Papagei-Versuch mit Befragungen der KraftfahrerInnen).

Ergebnisse

Auf der nichttechnisch gesicherten Eisenbahnkreuzung sind die Fahrgeschwindigkeiten (V85) um bis 5-12 km/h reduziert und das Verhalten der KraftfahrerInnen bei dem STOP-Schild verbessert worden. Die Lärmmessungen weisen jedoch auf eine Erhöhung des Lärmpegels um 6-10 dB (A) hin, die Anwendung kann deshalb nur außerhalb der Wohngebieten empfohlen werden (mögliche Belastung der Anwohner und daraus folgende Beschwerden).

Schlussfolgerungen

Die Rüttelstreifen bewährten sich als eine versprechende Maßnahme für nichttechnisch gesicherte Eisenbahnkreuzungen. Infolge der relativ niedrigen Zahl der Teststrecken im Vergleich mit thematisch ähnlichen ausländischen Projekten ist es jedoch wünschenswert, die Rüttelstreifen auf weiteren praktischen Fallbeispielen in Österreich zu testen.

English Abstract

The research project RÜTTLEX contributes to research and development of promising low cost safety measures at level crossings. The goal of the project was to design and test rumble strips suitable for use at level crossings in Austria. Using several research methods – measurements, observation, and psychological experiment – RÜTTLEX proved applicability of rumble strips at level crossings with non-technical protection, where the measure emphasizes presence of the crossing, increases awareness and improves behaviour of drivers, reduces speed and to certain extent also helps drivers to focus their attention properly. On the other hand, according to project results, rumble strips cannot be recommended for use at level crossings with warning lights and barriers and in built-up areas generally.

Impressum:

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

DI Dr. Johann Horvatits,
Abt. IV/ST 2 Technik und
Verkehrssicherheit
johann.horvatits@bmvit.gv.at,

DI (FH) Andreas Blust,
Abt. III/14 Mobilitäts- und
Verkehrstechnologien
andreas.blust@bmvit.gv.at,
www.bmvit.gv.at

ÖBB-Infrastruktur AG

Ing. Wolfgang Zottl, ISM;
Leitung Forschung & Entwicklung
wolfgang.zottl@oebb.at,
www.oebb.at

ASFINAG

DI Eva Hackl,
Manager International Relations
und Innovation
eva.hackl@asfinag.at,

DI (FH) René Moser, Leiter Strategie,
Internationales und Innovation
rene.moser@asfinag.at,
www.asfinag.at

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH

DI Dr. Christian Pecharda,
Programmleitung Mobilität
Sensengasse 1, 1090 Wien
christian.pecharda@ffg.at,
www.ffg.at

Oktober, 2016

Ergebnisbericht zum Forschungsprojekt

„RÜTTLEX“

Entwicklung von Rüttelstreifen zur Vermeidung von Fehlverhalten an Eisenbahnkreuzungen

Ein Projekt finanziert im Rahmen der Pilotinitiative
Verkehrsinfrastrukturforschung 2013
(VIF2013)

August 2016





Impressum:

Herausgeber und Programmverantwortung:

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und
Technologie

Abteilung Mobilitäts- und Verkehrstechnologien

Renngasse 5

A - 1010 Wien



ÖBB-Infrastruktur AG

Praterstern 3

A - 1020 Wien



Für den Inhalt verantwortlich:

Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.

Líšenská 33a

CZ – 636 00 Brno



Programmmanagement:

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH

Bereich Thematische Programme

Sensengasse 1

A - 1090 Wien



RÜTTLEX

Entwicklung von Rüttelstreifen zur Vermeidung von Fehlverhalten an Eisenbahnkreuzungen

Ein Projekt finanziert im Rahmen der Pilotinitiative
Verkehrsinfrastrukturforschung 2013
(VIF2013)

AutorInnen:

DI Pavel SKLÁDANÝ

DI Pavel TUČKA

Mag. Pavlína SKLÁDANÁ

Dipl.-Psych. Dr. Michal ŠIMEČEK

DI Miroslav BIDOVSÝ

Dr.-Ing. Vítězslav KŘIVÁNEK

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

Auftragnehmer:
Centrum dopravního výzkumu, v. v. i. (CDV)

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	6
2. State of the Art im Bereich Rüttelstreifen	9
3. Auswahl der Eisenbahnkreuzungen für die Errichtung von Teststrecken	18
4. Entwurf der Maßnahme Rüttelstreifen	27
5. Installation der Rüttelstreifen auf die Teststrecken	37
6. Wahl der geeigneten Evaluierungsmethoden	40
7. Ergebnisse einzelner Evaluierungsmethoden	43
7.1 Geschwindigkeitsmessungen	43
7.2 Beobachtung des Verhaltens der KraftfahrerInnen bei dem STOP-Schild	49
7.3 Einflüsse der Rüttelstreifen auf die Fahrspur und das Bremsverhalten	54
7.4 Befragungen - psychologisches Experiment	62
7.5 Lärmmessungen	76
8. Zusammenfassung der Ergebnisse einzelner Teststrecken	85
8.1 Raggendorf	85
8.2 Göllersdorf	88
9. Empfehlungen für die Praxis	92
10. Weiterer Forschungsbedarf	94
Literatur	95

Beilagen

- 1) Installationsschema Rüttelstreifen
- 2) Fragebogen für das psychologische Experiment
- 3) Komplette Übersicht der Ergebnisse der Geschwindigkeitsmessungen

ZUSAMMENFASSUNG

Die schweren Folgen der Eisenbahnkreuzungsunfälle erzeugen eine große Nachfrage nach Gegenmaßnahmen zu deren Vorbeugung. Das Forschungsprojekt MANEUVER – Entwicklung von Maßnahmen zur Vermeidung von Fehlverhalten an Eisenbahnkreuzungen mit Hilfe der Verkehrspsychologie (Mai 2013) - bietet eine Reihe von Maßnahmenvorschlägen zur weiteren Evaluierung an. Eines der einfachen und kostengünstigen Maßnahmen, die als „versprechend“ eingestuft worden sind, stellen die sog. Rüttelstreifen in den Annäherungstrecken zu Eisenbahnkreuzungen dar, die den Kraftfahrer durch einen optischen und haptischen Effekt (Vibrationen) zur besseren Aufmerksamkeit in Bezug zu der bevorstehenden Eisenbahnkreuzung bringen soll (mit Hilfe des sog. psychologischen Kontrastes – Unterbrechung der Fahrmonotonie).

Dieses Forschungsprojekt RÜTTLEX schlägt eine geeignete Ausführung der Rüttelstreifen für die Eisenbahnkreuzungen in Österreich vor und testet sie auf zwei ausgesuchten Piloteisenbahnkreuzungen – Raggendorf (Bahn km 10,669) mit nicht technischer Sicherung (Andreaskreuz und Stopptafel) und Göllersdorf (Bahn km 42,515) mit technischer Sicherung (Lichtzeichenanlage + Halbschranke). Trotz dem geringen Umfang der Teststrecken kommt die Evaluierung mit verschiedenen Methoden zu Empfehlung, dass die Rüttelstreifen eher für die Eisenbahnkreuzungen ohne technische Sicherung geeignet sind und grundsätzlich nur außerhalb von Wohngebieten (mögliche Lärmbelästigung der Anrainer).

1. Einleitung

Ausgangslage und Problemstellung

Die Unfälle auf den Eisenbahnkreuzungen bleiben nach wie vor ein ernstes gesellschaftliches Problem und wichtiges Thema der Verkehrssicherheitspolitik. Die absolute Zahl der Unfälle ist zwar nicht hoch, jedoch die Folgen sind drastisch. Das Risiko, bei einem Unfall auf einer Eisenbahnkreuzung tödlich zu verunglücken, liegt laut Forschungsprojekt ANDREAS [8] etwa 14 Mal höher als im restlichen Straßenraum. Die Mehrzahl (beinahe 60 %) der Unfälle tritt an nichttechnisch gesicherten Eisenbahnkreuzungen (Andreaskreuz + Stoppschild) auf, siehe [38].

In Österreich wurden 2002-2011 jährlich zwischen 14 und 30 Verkehrstote bei Eisenbahnkreuzungen registriert. Im Jahre 2015 gab es 22 Tote, was bedeutet, dass das Problem lässt im Verlauf der Zeit nicht nach und es besteht immer eine Nachfrage nach Lösungen zur Steigerung der Verkehrssicherheit.

Die Inspektionen vor Ort liefern umfangreiche Erfahrungen, dass man auf den Eisenbahnkreuzungen verschiedene Sicherheitsrisikos (im Sinne der „Road Safety Inspection“) findet. Zu den üblichen Sicherheitsrisikos zählen z. B. mangelnde Sichtverhältnisse oder formale und psychologische Fehler der Verkehrszeichen und Markierungen. Bei etwa einer Hälfte der Eisenbahnkreuzungen kann man aus der verkehrspsychologischen Sicht eine schlechte optische Auffälligkeit der Eisenbahnkreuzung in der Umgebung feststellen, wie z. B. im Forschungsprojekt AGATHA [9] dargestellt wird. Dies kann zur späten Wahrnehmung oder gar zum Übersehen durch den Kraftfahrer führen.

Das o. g. Risiko der mangelnder Erkennbarkeit bzw. Unauffälligkeit der Eisenbahnkreuzung im Gelände ist nicht nur in Österreich, sondern auch in praktisch ganz Europa als Problem wahrgenommen und seitens mehrerer Autoren anerkannt. Z. B. die Dissertation der Universität Dresden [10] bringt eine umfangreiche wissenschaftliche Übersicht der Modelle der risikoorientierten Gestaltung von Eisenbahnkreuzungen für verschiedene europäische Länder und die wesentliche Zahl der Modelle rechnet auch mit diesem Parameter:

Deutschland: Der Artikel [11] von Amann, Körner und Kroh wertete im Jahre 1981 Unfallstatistiken und Verhalten der Straßenverkehrsteilnehmer aus formulierten Aussagen betreffs möglicher Einflüsse der Straßengestaltung auf die (Un)sicherheit der Eisenbahnkreuzung. Eines der Aussagen war, „die Sicherheit wird maßgeblich von der Erkennbarkeit der Eisenbahnkreuzung bestimmt“

Schweden: Die Dissertation von Shariari [12] gibt an: „Die Unfallhäufigkeit hängt stark von der Lage vorhandener Sichthindernisse und der Geschwindigkeit der Straßenfahrzeuge ab“.

Ungarn: Für Ungarn stellte Mocsári [13] im Jahre 2004 eine Methode zur Sicherheitsbewertung vor, die nach einem drastischen Anstieg der Unfallzahlen Anfang der 1990er Jahre entwickelt wurde. Als eines der wichtigen Risikofaktoren ist die „Wahrnehmbarkeit der Eisenbahnkreuzung“ bezeichnet worden“.

Man kann auch das Beispiel der Tschechischen Republik nennen, wo Skládaný, et al. im Forschungsprojekt AGATHA [9] hat im Auftrag des Ministeriums für Verkehr in den Jahren 2008-2009 insgesamt 59 detaillierter Sicherheitsinspektionen der Eisenbahnkreuzungen vor Ort realisiert. Eine schwierige Erkennbarkeit bzw. Unauffälligkeit der Eisenbahnkreuzung im Gelände und ein Bedarf an eine Verbesserung wurde bei 32 Eisenbahnkreuzungen festgestellt (mehr als 50 %).

Es stimmt zwar, dass der Großteil der an Eisenbahnkreuzungen Verunfallten aus dem Umkreis der Eisenbahnkreuzung stammen, also theoretisch müsste das Problem der mangelnden Auffälligkeit der EK durch eine bessere Ortskenntnis kompensiert werden. Gerade jedoch die tägliche Fahroutine und Monotonie der Strecke können dazu beitragen, dass die Straßenbenutzer gedankenlos fahren und die Eisenbahnkreuzung beinahe nicht wahrnehmen bzw. die Wahrscheinlichkeit einer Zufahrt unterschätzen. KfV-Direktor Othmar Thann charakterisiert dieses Problem in [38] mit zutreffenden Worten "Gewohnheit macht blind". Eine Maßnahme zur Unterbrechung der Fahrmonotonie und das Wecken eines sog. Kontrastes im Sinne der Verkehrspsychologie kann also auch bei den Ortsansässigen das verkehrssichere Verhalten unterstützen und einen Sinn machen. Eine triftige Erklärung der Wirkung bringt auch der Verkehrsexperte Franz Schilberg [37] (seine Erklärung ist in dem Kapitel 9 genau zitiert).

Lösungsansatz

Zur Verringerung des o. g. Sicherheitsrisikos bietet sich eine Reihe von Methoden an. Eines davon stellt die Anwendung von sog. Rumpelstreifen oder Rüttelstreifen (englischsprachig als „rumble strips“ bezeichnet) dar. Diese strassenseitige, die Aufmerksamkeit steigernde Maßnahme kann verschiedene Formen aufweisen; meistens besteht sie aus mehreren Gruppen der Quermarkierungsstreifen mit Profil, das einen hörbaren und taktilen Effekt ausübt, um bei dem Kraftfahrer ein sog. Wahrnehmungskontrast zu wecken und ihn zum Reagieren bewegen.

Die Rüttelstreifen sind jedoch bisher nicht bei Eisenbahnkreuzungen in Österreich angewandt worden, allerdings im Rahmen von Focus Groups im Projekt MANEUVER [7] sind sie auch für Österreich als versprechend eingestuft. Mit dieser Art Maßnahme wurde erfolgreich im Ausland experimentiert, jedoch bei den Eisenbahnkreuzungen ist der Umfang bisheriger Arbeiten auch eher bescheiden. Deshalb ist entschieden worden, die Rüttelstreifen in Österreich versuchsweise anzuwenden und deren Wirksamkeit zu evaluieren. Die Problematik ist in der Form dieses Forschungsprojektes RÜTTLEX behandelt und dargestellt.

Ziel des Projektes RÜTTLEX also besteht in der Entwicklung einer Ausführung von Rüttelstreifen, die für die Anwendung in den Annäherungsbereichen (straßenseitig) ausgewählter Eisenbahnkreuzungen in Österreich geeignet und effektiv ist. Insbesondere ist im Rahmen des Projektes der Nachweis deren Wirksamkeit zu erbringen.

Der allgemeine Projektrahmen

Das Projekt wird in folgenden prinzipiellen Phasen abgewickelt:

- Detailliertes Studium von internationalen Erfahrungen (Pilotversuche und Vergleichsstudien von verschiedenen Formen und Beispielen der Rüttelstreifen).
- Entwurf der Anordnung der Rüttelstreifen speziell für den Bereich Eisenbahnkreuzungen (in der Zusammenarbeit der Experten für Verkehrstechnik und Verkehrspsychologie).
- Pilotanwendung der Rüttelstreifen auf zwei Eisenbahnkreuzungen (in beiden Fahrtrichtungen) in der Praxis, inklusive der Evaluierung (vorher-nachher) mit verschiedenen technischen und psychologischen Methoden.
- Auswertung der Ergebnisse und Formulierung von Empfehlungen wie beispielsweise zum Design von Rüttelstreifen selbst, so auch betreffs Kriterien geeigneter Anwendungsfälle (Eignung in konkreter Situation resp. Merkmale der Eisenbahnkreuzungen, wo die Rüttelstreifen effektiv einzusetzen sind).

2. State of the Art im Bereich Rüttelstreifen

Stand der Technik bzw. Stand des Wissens in Österreich

In Österreich sind die Rüttelstreifen keine übliche Maßnahme der Straßenverkehrstechnik, ihre Nutzung erfolgte bisher eher selten. In den 1990er Jahren findet man z. B. eine Art von Rüttelstreifen in dem dynamischen Prozeß der Verkehrsberuhigung der Ortsdurchfahrten (schmälere Fahrstreifen, Mittelinsel, vorgezogene Seitenräume, Kreisverkehre). Um eine bessere Torwirkung und Geschwindigkeitsreduktion zu erzielen, sind die Mittelinsel an Ortsrändern oftmals mit grober Pflasterung der Fahrbahn kombiniert worden (faktisch eine Form von Rüttelstreifen). Die grobe Pflasterung ist auch in Form kurzer Abschnitte auf der Ortsdurchfahrt selbst angewandt worden, um den Fahrer auf gefährliche Stellen besser aufmerksam zu machen (Schutzwege, kreuzen der Radfahrer, usw.). Infolge der Beschwerden der Bevölkerung (Lärmerhöhung und subjektiv unangenehme Änderung der Schallart) sind jedoch die meisten Maßnahmen abmontiert und durch eine Asphaltdecke ersetzt worden.

Im Annäherungsbereich an Eisenbahnkreuzungen sind die Rüttelstreifen in Österreich noch nicht angewandt worden. Die Anforderung, die Eisenbahnkreuzungen für den Kraftfahrer besser wahrnehmbar zu machen, wurde bisher mit anderen Mitteln realisiert. Insbesondere wurde in den letzten Jahren ziemlich erfolgreich mit nutzungsspezifischen Straßenmarkierungen experimentiert – eine sog. optische Bremse bestehend von fünf Querstreifen über die Fahrstreifenbreite mit einer trichterförmigen Gestaltung aus der Sicht des Kraftfahrers. Diese Markierungen sind insbesondere in Niederösterreich bei großer Zahl der Eisenbahnkreuzungen zur Umsetzung gekommen und durch die unwechselbare trichterförmig wirkende Gestaltung weisen sie den Kraftfahrer auf die kommende Eisenbahnkreuzung hin. Auch wird die Grenze genau definiert, dient doch der letzte Querbalken als Haltelinie. Konstruktion dieser Markierung wurde wissenschaftlich begründet (geht von den Wahrnehmungsexperimenten des Institutes EPIGUS mit dem sog. View-Point-System aus). Diese Markierung ist auch auf vier Eisenbahnkreuzungen in der Tschechischen Republik im Rahmen der Pilotversuche und Installation von Fahrbahnlichtern angewandt worden. Die Betriebserfahrungen sind gut - es werden durchschnittliche Geschwindigkeitsreduktionen an Vergleichsprofilen von 4-7 km/h gemessen (V_{85} -Geschwindigkeit). Angesichts der Tatsache, es handelt sich „nur“ um eine Markierung, kann man diese Ergebnisse und Wirkungen als sehr positiv schätzen. Anhand dessen ist diese Art Maßnahme an Eisenbahnkreuzungen für eine

breitere Nutzung empfohlen und in der Tschechischen Republik in die Novelle der Markierungsrichtlinie eingearbeitet.

Die o. g. Markierung kann zwar als effektiv eingestuft werden, sie ist jedoch nicht für alle Anwendungsfälle ohne weiteres anwendbar. Insbesondere außerorts, wo die Fahrgeschwindigkeiten hoch sind (bis zu 100 km/h, in der Realität auch wesentlich mehr – 160 km/h ist laut Messungen im Rahmen des Projektes keine Ausnahme) kann sich diese Markierung mit einer Standardentfernung von 20 m vor der Eisenbahnkreuzung als ungenügend erweisen – die Information kommt für den Kraftfahrer zu spät. Diese Tatsache motiviert zur Entwicklung von weiteren Maßnahmen zur Hebung der Aufmerksamkeit eines Kraftfahrers, die in einem größerem Abstand vor einer Eisenbahnkreuzung zur Installation kommen (cca 100 Meter oder auch mehr), um eine genügende Zeit zur rechtzeitig Handlung des Kraftfahrers (Bremsen, sich auf die Eisenbahnkreuzung zu konzentrieren, Signale beobachten...). Diese Erfahrungen führten zum Vorschlag, auch weitere Maßnahmen zur Erhöhung der Aufmerksamkeit der Kraftfahrer zu entwickeln und anzuwenden – insbesondere die Rüttelstreifen. Mit dieser Art der Maßnahme wurde erfolgreich im Ausland experimentiert und im Rahmen der Focus Groups im Projekt MANEUVER sind sie auch für Österreich als versprechend eingestuft worden.

Rüttelstreifen im internationalen Vergleich

Im Ausland sind mehrere Experimente mit Rüttelstreifen verschiedener Gestaltungsform und in verschiedenen Anwendungsfällen zu verfolgen (z. B. Rüttelstreifen auf Seitenstreifen der Autobahnen (A24 Nordrhein-Westfalen, Bundesrepublik Deutschland), die eine messbare Reduktion der Abkommensunfälle infolge der Müdigkeit des Kraftfahrers um 43 % bewirkt haben, aber auch Rüttelstreifen in den Annäherungsbereichen der Straßenkreuzungen und Eisenbahnkreuzungen – umfangreiche Versuche und Gestaltungsvarianten - Virginia, Australien). In Australien wurden die meisten positiven Erfahrungen mit Querrüttelstreifen an Eisenbahnkreuzungen gemacht, weshalb sie auch in offiziellen ganzstaatlich gültigen Empfehlungen (insbesondere dem Compendium of Good Practice [1] des leitendes Straßenverwalters Austroads Ltd.) aufgenommen worden sind.

Sehr umfangreiche Nutzung von Rüttelstreifen in der Längsrichtung, über mehrere Kilometer hinweg, findet sich in Amerika, in den Vereinigten Staaten, für die Straßenverwalter stehen detaillierte einschlägige Handbücher zur Verfügung. In der

Tschechischen Republik und Deutschland trifft man auch eine spezifische Form der Querrüttelstreifen in dem Fahrstreifen, die nicht nur auf die Erhöhung der Aufmerksamkeit des Kraftfahrers zielt, sondern auch die Entwässerung der Fahrbahn verbessern kann (die Blastrak-Technologie – Rillen hergestellt mit Hochdruckeisenkugeln).

Es steht also eine Reihe von ausgewerteten ausländischen Experimenten zur Verfügung, die aufschlussreiche Informationen zur Nutzung in diesem Projekt bieten. Diese betreffen wie Gestaltung der Rüttelstreifen selbst (Design), so auch ihre Konfiguration (Zahl und Anordnung der Gruppen, Entfernungen zu der Gefahrstelle) und die Kriterien der Anwendung (Parameter der Stelle, wo die Applikation sinnvoll und wirksam ist).

Dabei ist es aber ganz notwendig, zwischen zwei prinzipiell verschiedenen Anwendungsfällen zu unterscheiden:

- Anwendung der Rüttelstreifen in der Längsrichtung (Mitte der Fahrbahn oder Seitenstreifen), die zur Warnung des Kraftfahrers beim Verlieren der Fahrspur dienen und über längere Abschnitte errichtet werden, und
- Anwendung der Rüttelstreifen in der Querrichtung – also die „Querbalken“ in dem Fahrstreifen, die den Kraftfahrer „punktweise“ wecken sollen – durch kurze Lärm und Vibrationsentwicklung (in der überwiegenden englischen Literatur als „transverse rumble strips“ bezeichnet).

Dieses Projekt befasst sich mit dem zweiten Fall der Rüttelstreifen in Querrichtung, jedoch auch die anderen Anwendungen werden für eine komplexe Betrachtung und allgemeine Übersicht in der Problematik erwähnt und für Studienzwecke kurz beschrieben.

Es kann z. B. auf folgende relevante Titel hingewiesen werden: (mit kurzen Charakteristiken):

- **TURNER, B., MAKWASHA, T., Methods for Reducing Speeds on Rural Roads – Compendium of Good Practice, Austroads Publication No. AP-R449-14, Sydney, Australia, 2014**

Kurze Charakteristik: Ein Handbuch für die Straßenpraktiker, gültig für das gesamte Gebiet von Australien und Neuseeland. Basierend auf einer Reihe von vorherigen Forschungsprojekten und Erfahrungen, eingehende Maßnahmenempfehlungen zur Wahl einer angemessenen Geschwindigkeit

in verschiedenen Situationen auf Außerortsstraßen werden dargestellt (freie Strecken, Übergangsstrecken zu Ortschaften (die sog. „transition zones“), verschiedene Kreuzungstypen, einschließlich Eisenbahnkreuzungen). Eines der empfohlenen Maßnahmen sind auch die Rüttelstreifen („transverse rumble strips“), die auch in den Annäherungsbereichen der Eisenbahnkreuzungen empfohlen werden. Dabei wird die Maßnahme als „versprechend“ bezeichnet („shows promise“) und eine Geschwindigkeitsreduktion um 5 km/h angegeben.

- **HORE-LACY, Will, Rumble Strip Effectiveness at Rural Intersections and Railway Level Crossings, contract report VC73896-1 for Vicroads, ARRB Group Ltd, Vermont South, Vic, 2008**

Kurze Charakteristik: Zweck des Projektes war eine Forschung der Wirksamkeit der Rumpelstreifen in Annäherungsbereichen von Eisenbahnkreuzungen und den einmündenden Straßen bei Kreuzungen ohne explizite Vorrangregelung. Es handelte sich um eine Regierungsaktivität, welche die Verbesserung der Verkehrssicherheit der Eisenbahnkreuzungen und Straßenkreuzungen zum Ziel hat. Insgesamt wurden 28 Prüfstrecken auf verschiedenen Orten in Viktoria errichtet und ausgewertet (davon 14 Eisenbahnkreuzungen und 14 Straßenkreuzungen). Methodologisch handelte sich um einen Vorher / Nachher Vergleich (Geschwindigkeitsmessungen, Videoaufnahmen). Projektgeber war die Staatsstraßenverwaltung (VicRoads), Projektnehmer ARRB Services. Finanzieller Umfang des Projektes zählte 1,75 Millionen australischer Dollar. Die Ergebnisse belegen, dass die Rumpelstreifen geeignet sind, die Kraftfahrer auf eine spezifische Art der Gefahr aufmerksam zu machen und ihre Aufmerksamkeit zu steigern. Es wurde auch eine signifikante Reduzierung der mittleren Geschwindigkeit erzielt – in der Größenordnung von 1,7 bis 5,3 km/h.

- **RADALJ, A, KIDD, B., Trial with Rumble Strips as a Means of Alerting Drivers to Hazards at Approaches to Passively Protected Railway Level Crossings on High Speed Western Australian Rural Roads, Main Roads Western Australia, 2005**

Kurze Charakteristik: Dieses Projekt stellt einen Versuch mit Rüttelstreifen auf technisch nicht gesicherten Eisenbahnkreuzungen in Westaustralien dar. Die Maßnahme ist auf 14 Eisenbahnkreuzungen angewandt worden, davon 11 mit

dem Verkehrszeichen „Vorrang geben“ (Beispiel siehe Abbildung 1) und 3 mit dem Verkehrszeichen „Halt“ (Beispiel siehe Abbildung 2). Auf jeder Eisenbahnkreuzung sind zwei Phasen von Geschwindigkeitsmessungen durchgeführt worden – vor und nach der Installation der Rüttelstreifen. Die Vergleiche vorher/nachher zeigen eine signifikante Wirkung auf die Geschwindigkeitswahl bei den Eisenbahnkreuzungen mit Verkehrszeichen „Halt“, während bei „Vorrang geben“ die Wirkung nur gering war. Es hat sich auch gezeigt, dass die Wirkung sehr stark von der Zahl der Rüttelstreifen (Markierungsgruppen in der Annäherungsstrecke) abhängig ist („The greater the number of rumble strips groups is the greater the effect is on driver speed behaviours“). Bei nur einer Gruppe der Rüttelstreifen ist eine Reduzierung der mittleren Geschwindigkeit um höchstens 2,2 km/h erreicht worden, aber bei vier Gruppen liegt die Reduktion zwischen 5,4 und 7,8 km/h.



Abbildung 1: Beispiel der Eisenbahnkreuzung mit „Vorrang geben“ (Australien)



Abbildung 2: Beispiel der Eisenbahnkreuzung mit „STOP-Schild“ (Australien)

- **WOODS, M., Research into traffic signs and signals at public road level crossings, RSSB Großbritannien, Forschungsprojekt Nr. T756, July 2011**

Kurze Charakteristik: Projektbericht über die Forschungsaktivitäten, die bereits vom Jahre 2002 als Bestandteil des Regierungsprogrammes zur Verbesserung der Sicherheit auf Eisenbahnkreuzungen laufen. Erste und wichtigste Fragestellung ist, „was brauchen die Verkehrsteilnehmer auf den Eisenbahnkreuzungen überhaupt?“ Eine umfangreiche Forschung (Ermittlungen vor Ort, Inspektionen, Befragungen, Fahrsimulatorexperimente) führte zur Definition von sieben versprechenden Maßnahmentypen, wo sich die Forschungsaktivitäten und Pilotversuche weiter konzentrieren sollten. Eines davon stellen auch die Rüttelstreifen dar (Maßnahme Nr. 3 „Using a vibro-tactile warning (such as rumble strips) starting before the road user reaches the advance warning sign“). Angesichts der Tatsache, dass dieses Projekt auf 10 Jahre Arbeit baut, kann eine solche Empfehlung eine gute Basis für das gegenständliche Projekt bilden.

- **NCHRP Report 641: Guidance for the Design and Application of Shoulder and Centerline Rumble Strips, Transportation Research Board, Project 17-32, Washington, D.C., 2009**

Kurze Charakteristik: Es handelt sich um ein sehr detailliert ausgearbeitetes Handbuch für die praktische Nutzung der Rüttelstreifen in der Längsrichtung (in der Mitte der Fahrbahn und auf den Seitenstreifen). Die länglichen Rüttelstreifen auf der Basis von gefrästen Rillen sind hier charakterisiert als eine wirksame und kostengünstige Maßnahme zur Vorbeugung der Abkommensunfällen und der Frontalzusammenstöße. Die Kraftfahrer, die infolge der Müdigkeit oder Unaufmerksamkeit von der Fahrspur abgewichen haben, werden durch hörbare und haptische Wirkung (Vibrationen in der Lenkung) bei der Überfahrt der länglichen Rüttelstreifen gewarnt, dass sie ihre Fahrtrichtung korrigieren sollen. Es wird über eine wirksame und auch statistisch belegbare Reduktion der Unfallhäufigkeit berichtet. Z. B. auf zweispurigen Straßen außerorts sinken die Frontalzusammenstöße um 38 bis 50 % (Rüttelstreifen in der Mitte der Fahrbahn) bzw. die Abkommensunfälle um 26 bis 46 % (Rüttelstreifen auf dem Seitenstreifen). Als möglicher Nachteil werden jedoch relativ hohe Kosten für die eventuelle Abtragung der gefrästen Rüttelstreifen erwähnt, z. B. im Falle der Beschwerden auf die Lärmbelastung. Die Kosten variieren jedoch von einem Fall zum anderen – z. B. in Michigan

war es notwendig, 10 Meilen Rüttelstreifen auf beiden Seitenstreifen abzutragen wobei die Kosten pro eine Meile betragen 13 000 Dollar.

- **HARDER, K., BLOOMFIELD, J., CHIHAK, B., Stopping Behavior at Real-World Stop-Controlled Intersections *with* and *without* In-Lane Rumble Strips, University of Minnesota, 2006**

Kurze Charakteristik: Zweck dieser Forschung war, den Einfluss der Querrüttelstreifen in dem Fahrstreifen auf die Bereitschaft der Kraftfahrer, auf den Straßenkreuzungen mit STOP-Schild anzuhalten, bzw. die Geschwindigkeit zu reduzieren. Die Versuche sind auf zehn Straßenkreuzungen realisiert worden und basierten auf dem Schema Vergleich der Fahrgeschwindigkeiten vorher / nachher. Die Datenkollektive zählten 400 Fahrzeuge. Als wichtiger Faktor wurde dabei unterschieden, ob die Sicht auf die Straße mit Vorrang gut, oder in einer bzw. beide Richtungen beschränkt ist (die definierten betrachteten Kombinationen „Obscure Both“, „Obscure / Visible“, „Visible Both“).

Der Einfluß der Rüttelstreifen auf die Verbesserung des Verhaltens der KraftfahrerInnen bei dem STOP-Schild war stärker vor solchen Kreuzungen, wo die Sicht auf den kreuzenden Verkehr begrenzt war. Aus den Forschungsergebnissen wird also die Empfehlung abgeleitet, dass die Kreuzungsäste mit STOP-Schild, wo die Sicht auf den Querverkehr durch Baukonstruktionen und/oder Pflanzenwuchs in einer Richtung oder beiden Richtungen beschränkt ist, für die Anwendung von Querrüttelstreifen am besten geeignet sind.

Diese Arbeit betrachtet zwar ausschließlich Straßenkreuzungen und nicht Eisenbahnkreuzungen. Es kann jedoch eine prinzipielle Analogie zwischen den Straßenkreuzungen, bei denen die Vorfahrt durch das Verkehrszeichen Halt oder Vorrang geben mit demselben Verkehrszeichen geregelt ist, und den Eisenbahnkreuzungen ohne technische Sicherung. In beiden Fällen hat der Kraftfahrer anzuhalten und sich in beide Richtungen der querenden Straße bzw. der Bahn zu vergewissern, dass ein sicheres Passieren möglich ist. Ein Vergleich mit den Ergebnissen des gegenständlichen Projektes scheint also von Interesse zu sein.

Diese amerikanische Studie stellt die durchschnittliche Reduzierung um 3,3 mph fest, d. h. um 5,3 km/h. Insgesamt wird über eine Geschwindigkeitsreduktion von 2,0 mph bis 5,0 mph berichtet (abhängig von der

Fahrzeugkategorie und den Sichtverhältnissen) und die Studie wertet die Rüttelstreifen als eine Sicherheitsmaßnahme mit überzeugender Wirkung („The study provide compelling evidence that in-lane rumble strips promote safer stopping behaviour on approaches to stop-controlled intersections“).

- **SCHOONMAKER, CRAIG, L., Traffic Calming Comes to Smith Street, Nevarkusa.blogspot**

Kurze Charakteristik stellt Beitrag eines Lesers des o. g. Internet-Blogs und gleichzeitig Bewohners der Stadt Newark (Staat New Jersey, USA) dar: Im Stadtviertel Vailsburg wurden in seiner Nachbarschaft, in der Straße Smith Street, im Frühjahr 2016 eine Gruppe von Rüttelstreifen auf die Fahrbahn installiert. Ausführung dieser Rüttelstreifen ist sehr ähnlich der Ausführung auf den im Rahmen von RÜTTLEX errichteten Teststrecken – einzelne Blöcke bestehen von fünf Markierungsstrichen (Schmalstrich - identisch), Abstände einzelner Striche etwa 30 cm (etwas weniger, als bei RÜTTLEX). Die Maßnahme soll den Bestandteil eines breiten Verkehrsberuhigungskonzeptes der Stadt darstellen, wo ausser anderem weitere 97 (!!) Abschnitte mit Rüttelstreifen geplant werden. Auf eine eventuelle Lärmbelästigung wird in dem Artikel nicht hingewiesen; die Maßnahme wird als eine „flache Art“ Beruhigungsschwelle zur Geschwindigkeitsdämpfung empfunden (siehe Abbildung 3) und teilweise in der Kombination mit den baulichen Schwellen auch praktisch eingesetzt. Weitere Informationen und Bilder siehe:

<http://newarkusa.blogspot.cz/2012/04/traffic-calming-comes-to-smith-street.html?view=snapshot>



Abbildung 3: Rüttelstreifen als eine verkehrsberuhigende Maßnahme in Newark (USA)

Beispiel aus der Tschechischen Republik

Die Maßnahmen, die den Rüttelstreifen ähnlich sind, kann man auch an mehreren Eisenbahnkreuzungen in der Tschechischen Republik treffen. Es handelt sich um eine Art der allgemein bekannten und populären „optischen psychologischen Bremse“ (wiederholte Quermarkierung, die oft vor problematischen Stellen wie Kreuzungen, Schutzwegen, aber auch Eisenbahnkreuzungen errichtet wird). An ihre Wirkung wird aus Erfahrung sehr geglaubt, jedoch es steht kaum eine wissenschaftliche Evaluierung zur Verfügung. Folgendes Beispiel (Abbildung 4) zeigt eine Anwendung der markierten „Rüttelstreifen“ bei der Eisenbahnkreuzung in der Stadt Šumperk (Mährischer Schöneberg).



Abbildung 4: Rüttelstreifen bei der Eisenbahnkreuzung in Šumperk (ČR)

3. Auswahl der Eisenbahnkreuzungen für die Errichtung von Teststrecken

Allgemeines

Die Maßnahme „Rüttelstreifen“ ist gemäß Projektplan bei zwei Eisenbahnkreuzungen (beide Fahrrichtungen) in Österreich installiert und in realem Betrieb getestet worden. Eine Eisenbahnkreuzung ist mit einer technischen Sicherung ausgestattet (LZA + Halbschranken), die zweite ist nichttechnisch gesichert (Andreaskreuz + Stopptafel + Sichtraum).

Der Weg zur Entscheidung der Wahl der am besten geeigneten Eisenbahnkreuzungen für das Anbringen der Rüttelstreifen war sehr umfangreich: für die Versuche wurde eine Reihe von spezifischen Eigenschaften verlangt, welche das Angebot der geeigneten Stellen sehr einengte. Auch die logische Forderung, die Eigenschaften sollen in beiden Fahrrichtungen gleichzeitig vorhanden sein (da die Teststrecken auf beiden Seiten der Eisenbahnkreuzung geplant wurden, um so den Aufwand der Testungen gering zu halten), war ziemlich limitierend. Die Auswahl der Pilotstrecken fand in enger Zusammenarbeit des Projektnehmers und der Projektberatungsgruppe (insbesondere der fachlichen Kollegen aus ÖBB-Infrastruktur und dem NÖ Straßendienst) statt.

Verlangte (gesuchte) Parameter der Teststrecken

Die seitens des Forschungsteams verlangte, bzw. gesuchte Eigenschaften der Eisenbahnkreuzungen für die Pilotversuche waren insbesondere folgende:

- Eher außerorts als innerorts (höheres Tempolimit und größeres Risiko, die EK zu übersehen, bzw. vor Rot nicht rechtzeitig anzuhalten, die teilweise Lärmerhöhung wird nicht so störend seitens der Öffentlichkeit empfunden).
- Hohe Fahrgeschwindigkeiten, motiviert durch z. B. eine komfortable Trassierung der Straße (eine Gerade, lange Durchsicht hinter die Eisenbahnkreuzung, geprägte Längslinien durch Markierung, Alleen, u. ä.).
- Die Eisenbahnkreuzung im Gelände weniger auffällig (geprägter Hintergrund, der die Aufmerksamkeit anzieht, die Sicht auf den Bahnkörper beim Anfahrtsweg verdeckt, z. B. durch Gebäude, Bewuchs, Einschnitt, u.ä.).

- Die technische Möglichkeit, die Fahrzeuge nach dem Passieren der Eisenbahnkreuzung auf einer sicheren Stelle anzuhalten, um die Gespräche mit den KraftfahrerInnen für die Evaluierung der Maßnahmen durchführen zu können.
- Die technische Möglichkeit, die Geschwindigkeitsmessungen mit zwei verschiedenen Methoden durchzuführen – händisch und automatisch (und unauffällig dabei zu sein, damit die Daten nicht durch die Anwesenheit einer Kontrolle beeinträchtigt sind). Für die automatische Messung sind auch geeignete Tragkonstruktionen in interessanten Profilen vom Vorteil (z. B. Rohrfosten der Verkehrszeichen).
- Relevanter Verkehr auf der Straße (die Verkehrsstärke so hoch, um genug Objekte zur Messung zu haben, dabei aber so niedrig, dass die meisten Fahrzeuge unbeeinflusst durch die Fahrzeuggruppen fahren können und die Geschwindigkeitsmessungen objektiv sind).
- Guter Zustand der Fahrbahnoberfläche ohne lokale Schäden, um die Rüttelstreifen in entsprechender technologischer Qualität realisieren zu können.
- Eisenbahnkreuzungen vorrangig in Niederösterreich, damit die Entfernung vom Sitz des Projektnehmers (Brünn, Südmähren) angemessen (cca bis 120 Kilometer) und eine operative Behandlung von Teststrecken möglich ist.

Studium der Parameter konkreter Eisenbahnkreuzungen

Ausgehend von den o. g. Kriterien, hat das Forschungsteam folgende Streckenabschnitte zuerst auf der Flugkarte einzeln studiert, um den ersten Einblick über die Eisenbahnkreuzungen und ihr Lageplan zu bekommen:

- Franz-Josefs Bahn (Wien-Tulln-Gmünd)
- Nordwestbahn (Wien-Stockerau-Hollabrunn-Unterretzbach)
- Nordbahn (Wien-Bernhardsthal)
- Verbindungsbahn Absdorf-Stockerau
- StEG (Süssenbrunn- Wolkersdorf-Laa an der Thaya)

Von mehr als cca 100 untersuchten Eisenbahnkreuzungen wurden 9 Stellen gewählt, die sich am meisten den definierten Vorgaben genähert haben (in dieser Auswahlphase alle mit technischer Sicherung). Diese sind am Donnerstag, den

14. August 2014 vor Ort besucht und detailliert betrachtet worden. Die Geschwindigkeiten wurden mit Hilfe der Laserpistole LR 235-P stichprobenmässig ermittelt, um die ersten Eindrücke über das mögliche Geschwindigkeitsproblem zu bekommen. Konkret handelte es sich um folgende Eisenbahnkreuzungen (alle außerorts), die meisten auf der Nordwestbahn:

1. EK km 42,515 Göllersdorf (LZA + Halbschranke). Langer gerader Abschnitt, lange Durchsicht motiviert die Kraftfahrer zu hohen Geschwindigkeiten (gemessen bis 114 km/h beim Passieren der EK), unauffällige Eisenbahnkreuzung im Gelände und schiefer Kreuzungswinkel, keine andere Sicherheitsmaßnahme wie z. B. Quermarkierung, genug Platz zum Anhalten der Kraftfahrer und Realisierung der Gespräche in den Nachbarortschaften Göllersdorf und Großstelzendorf. Diese EK scheint **sehr geeignet** zu sein (erfüllt alle Kriterien in beiden Richtungen).
2. EK km 49,038 Sonnberg (LZA ohne Schranke). Lange Durchsicht, hohe Geschwindigkeit möglich, jedoch zu schwacher Straßenverkehr und nicht gute Fahrbahnoberfläche (Installation problematisch).
3. EK km 51,158 Aspersdorf (LZA ohne Schranke), angemessene Verkehrsstärke auf der Straße, lange Durchsicht, jedoch Fahrgeschwindigkeiten nicht extrem hoch, cca 70 km/h. Insgesamt interessant, jedoch bereits Quermarkierungen (nicht Rumpelstreifen). Bedingt geeignet.
4. EK km 59,597 Wullersdorf (LZA ohne Schranke), sehr ähnlich der Situation 51,158, jedoch ungenügender Platz für Befragungen, gute Bedingungen für die Geschwindigkeitsmessungen. Bedingt geeignet.
5. EK km 64,504 Platt (LZA ohne Schranke), keine Markierung, relativ schmale Straße (weniger praktisch für die Installation), ausgeprägte Quermarkierung (die sog. Pflegermarkierung und Risiko der Beeinflussung beider Maßnahmen zueinander), Straßenverkehr eher schwach. Eher ungeeignet.
6. EK km 85,591 Unterretzbach-Güterbahnhof (LZA ohne Schranke). Fahrbahnoberfläche in gutem Zustand. Aus der Sicht von Unterretzbach eine lange Gerade, ermöglicht schnelles Fahren, die EK "getarnt" links durch hohe Bäume und Bauten, rechts durch den Bahneinschnitt. Aus der Richtung Kleinhöflein liegt die EK in einer linken Kurve unmittelbar davor, also in der

Annäherungsabschnitt ist die EK selbst nicht wahrnehmbar (Anm.: im Anfahrtsbereich allerdings durch Verkehrszeichen angekündigt). Verkehrsstärke auf der Straße für die Zwecke der Messungen angemessen, visuell auch die Vertretung von tschechischen Kraftfahrzeugen und Linienomnibusse. Die Geschwindigkeiten nicht extrem, aber hoch (80-90 km/h) und messbar. Platz vor dem Bahnhof sehr praktisch für das Anhalten der Fahrzeuge und platzieren der Messeinrichtungen. Vielleicht der einzige Nachteil ist es, dass es hier bereits die Quermarkierung (die sog. Pflegermarkierung) unmittelbar vor der EK befindet. Diese ist allerdings aus der längeren Entfernung wahrnehmbar und die Rüttelstreifen können so konfiguriert sein (Ende zwischen der zweiten und ersten Bahnbocke), dass die Beeinflussung der Messungen auszuschließen ist. Insgesamt werten wir diese EK als **sehr geeignet**.

7. EK km 64,326 Ravelsbach (LZA + Halbschrankenanlage). Auf den ersten Blick interessant, unauffällig im Gelände, gerade Annäherungsabschnitte der Straße, perfekter Platz zum Anhalten der Kraftfahrer, gute Fahrbahnoberfläche zur Installation. Jedoch nach den Messungen eher niedrige Fahrgeschwindigkeit (in der Nähe der EK eine Gaststätte mit Vorgarten, Parkplatz und Ausfahrt, was die Aufmerksamkeit des Fahrers weckt), also sehr wahrscheinlich guter Bewusstsein der Fahrer hinsichtlich der Eisenbahnkreuzung. Bedingt geeignet.
8. EK km 3,215 Starnwörth (LZA ohne Schranke). Lange Durchsicht, perfekte Fahrbahnoberfläche, hohe Geschwindigkeit, insgesamt "luxuriöse" Stelle, jedoch extrem schwacher Verkehr auf der Straße (cca 1 Auto in 15 Minuten, also problematische Geschwindigkeitsmessungen und Befragungen – extremer Zeitaufwand).
9. EK km 66,729 Frättingsdorf bei Staats (LZA + Vollschrankenanlage). Komfortable Straße B46, aus der Richtung Laa an der Thaya außerorts. Jedoch an der Grenze der Gemeinde Frättingsdorf, die Geschwindigkeiten eher niedrig, dazu eine Kreuzung, die den Verkehrsfluss ziemlich beeinträchtigt, Geschwindigkeitsbegrenzung auf 70 km/h für das Forschungsprojekt eher nachteilig. Fahrbahnoberfläche ist gut, gut ist auch die Möglichkeit, die Geschwindigkeit zu messen und die Fahrzeuge zum Interviews anzuhaltend. Insgesamt jedoch nicht weiter verfolgt.

Am besten geeignet wurden die Eisenbahnkreuzungen in km 42,515 bei Göllersdorf und in km 85,591 bei Unterretzbach bewertet, beide auf der Nordwestbahn. Göllersdorf ist gesichert mit Lichtzeichenanlage und Halbschranke, Unterretzbach mit Lichtzeichenanlage. Dieser Unterschied wurde typologisch als Vorteil verstanden. Ebenfalls wie der Unterschied in der Straßenbreite und -charakter beider Stellen. Göllersdorf ist visuell eine komfortable und breitere (ehemalige) Bundesstraße, Unterretzbach eine vom Charakter weniger bedeutsame Landesstraße mit geringerer Breite. Auf beiden Stellen bestehen gute Bedingungen für die Installation der Geschwindigkeitsmessgeräte und für das psychologische Experiment (Befragungen der Kraftfahrer).

Im Rahmen der Konsultation (e-mail) mit dem Projektgeber am 8. September 2014 zeigte sich jedoch, dass auf der Eisenbahnkreuzung Unterretzbach bauliche Arbeiten geplant sind, die die Parameter der Stelle für unser Projekt nachteilig beeinflussen könnten. Es war also notwendig, eine andere Eisenbahnkreuzung zu wählen. Als befriedigende Lösung bot sich die Eisenbahnkreuzung Aspersdorf bei Hollabrunn an (siehe o.g. Punkt 3), km 51,158, Landstraße Nr. 1071, Abschnitt Schöngrabern-Aspersdorf, Lichtzeichenanlage ohne Schranken.

Nachfrage nach der Aufnahme einer EK ohne technische Sicherung

In der Anfangsphase plante der Projektnehmer, die Rüttelstreifen nur auf Eisenbahnkreuzungen mit technischer Sicherung zu testen. Diese Eisenbahnkreuzungen befinden sich im Allgemeinen auf Bahnstrecken mit größerer Verkehrsbedeutung, höheren Streckengeschwindigkeiten und deshalb auch höheren Risiken eines schweren Unfalls. Dagegen die nicht technisch gesicherte Eisenbahnkreuzungen bestehen meistens auf weniger bedeutsamen Bahnstrecken mit Zuggeschwindigkeiten, die im Regelfall 60 km/h nicht übersteigen.

Beim Kick-off-meeting in Wien (ÖBB-Infra) am 24. September 2014 äußerten jedoch die Mitglieder der Beratungsgruppe ein intensives Interesse, in das Projekt RÜTTLEX auch eine Eisenbahnkreuzung mit nichttechnischer Sicherung einzureihen (Andreaskreuz + Stopptafel). Die Argumentation war, dass dieser Eisenbahnkreuzungstyp in der Praxis immer noch sehr verbreitet ist, auch an vielen Strecken mit Personenverkehr (meistens leichte Triebwagen). Deshalb besteht auch in diesem Segment eine starke Nachfrage nach kostengünstigen Maßnahmen zur Hebung der Verkehrssicherheit.

Wahl der geeigneten Parameter zur Evaluierung der Verkehrssicherheit

Es wurde besprochen, welche Parameter auf einer Eisenbahnkreuzung mit nichttechnischer Sicherung zur Evaluierung der Sicherheitsgewinne geeignet sind. Wir waren darin einig, eine Reduktion der Fahrgeschwindigkeiten auf der Straße zeigt eine positive Tendenz – der Kraftfahrer muss bei diesem Eisenbahnkreuzungstyp jedenfalls die Geschwindigkeit verringern. Umfangreiche Diskussionen gab es jedoch zum Punkt, ob das eigentliche Anhalten des Kraftfahrers bei dem STOP-Schild ebenfalls auch ein „sicheres Verhalten“ repräsentiert. In der Literatur sind seriöse Quellen zu finden, wie z. B. Jürgen MENGE [15], die eine STOP-Tafel bei Eisenbahnkreuzungen als sehr nachteilig für die Verkehrssicherheit bewerten, insbesondere für längere Nutzfahrzeuge und auf Straßen mit schlechtem Belag. Es wird argumentiert, dass ein Anhalten die Räumungszeiten verlängert, was in eine wesentliche Erhöhung der Anforderungen an die Sichtlängen resultiert (z. B. von 300 m auf 500 m). Andere Autoren dagegen belegen jedoch, dass beim Anhalten die Sicherheitsvorteile deutlich überwiegen und die Durchfahrt einer Eisenbahnkreuzung ohne technische Sicherung als „Hazard“ bezeichnen - Rainer ENGEL [14],

Aus dem Studium der Literatur [14] und [15], die die beiden o. g. Aspekte detailliert analysieren, konnte folgendes abgeleitet werden: Das Anhalten bei der STOP-Tafel kann man für die leichten Fahrzeuge (vor allem PKW und Lieferwagen) mit guten dynamischen Eigenschaften (schnelle Beschleunigung) ein Vorteil für die Verkehrssicherheit verstehen (bessere Sichtkonzentration des Kraftfahrers auf den Bahnkörper). Räumungszeit wird für diese Fahrzeuge nicht in solcher Maße verlängert, dass es wesentliche Sicherheitsnachteile mit sich zieht. Die eventuell bessere Bereitschaft der Kraftfahrer, nach der Installation der Rüttelstreifen an der STOP-Tafel anzuhalten, kann man also als ein Sicherheitsgewinn verstehen und es macht einen Sinn, diesen Parameter zu messen (Beobachtung).

Auswahl einer geeigneten Eisenbahnkreuzung mit nichttechnischer Sicherung

Die Wahl der Eisenbahnkreuzung mit nichttechnischer Sicherung fand in enger Absprache mit dem Eisenbahnkreuzungsspezialisten der ÖBB-Infrastruktur statt. Folgende drei Stellen zur Beurteilung ihrer Eignung wurden per e-mail vom 6. Oktober 2014 empfohlen:

1. Obersdorf-Grossschweinbarth: Bahn km 16,886 L 3110, DTV 900
2. Gänserndorf-Mistelbach: Bahn km 5,090 L3025 DTV 1113
3. Gänserndorf-Mistelbach: Bahn km 10,669 L3032 DTV 650

Die Inspektionsreise zur Beurteilung der Eignung der o. g. drei Eisenbahnkreuzungen für das Projekt RÜTTLEX fand am 21. Oktober 2014 statt. Die Ergebnisse wurden in der Form einer ppt-Präsentation zusammengefasst und auf der folgenden Koordinierungsbesprechung am 30. Oktober 2014 in Bezirkshauptmannschaft Hollabrunn mit allen interessierten und einzubindenden Stellen (einschließlich der Straßenverwaltungen und Organe der Exekutive) öffentlich vorgestellt.

Die Ergebnisse für einzelne Eisenbahnkreuzungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Ad 1)

Obersdorf-Grossschweinbarth: Bahn km 16,886 L 3110, DTV 900

Diese Eisenbahnkreuzung zeigt sich als ungeeignet – sie befindet sich innerorts und es gibt hier bereits ein dynamisches Verkehrszeichen EBE Solutions - die Wirkung von Rüttelstreifen wäre schwierig abzufiltern. Ungeordnetes Parken auf angrenzenden unbefestigten Flächen heißt Schmutz auf der Fahrbahn (und Rüttelstreifen). Der Fahrbahnzustand ist nicht gut für die Installation, die Fahrgeschwindigkeiten sind niedrig (überhöhte Geschwindigkeit ist hier kein relevantes Sicherheitsproblem).

Ad 2)

Gänserndorf-Mistelbach, Bahn km 5,090 L3025 DTV 1113

Diese Eisenbahnkreuzung ist ebenfalls als ungeeignet einzustufen. Sie befindet sich innerorts und weist eine weniger übliche bauliche Lösung auf (zwei Strecken und zwei Eisenbahnkreuzungen beieinander, Wirtschaftsausfahrten auf beiden Seiten der Eisenbahnkreuzung, schlechter Fahrbahnzustand – die holperige Betonfahrbahn „braucht keine Rüttelstreifen mehr“.

Ad 3)

Gänserndorf-Mistelbach: Bahn km 10,669 L3032 DTV 650

Diese Eisenbahnkreuzung scheint auf den ersten Blick sehr hoffnungsvoll. Sie befindet sich im Tal zwischen den Gemeinden Raggendorf und Matzen und auch andere verlangte Charakteristiken sind vorhanden:

- Die Auffälligkeit der Eisenbahnkreuzung im Gelände ist eher schwach. Lange Durchsicht, und gerade Straßenführung verlocken zur hohen Geschwindigkeit und Missachtung des Verkehrszeichens „Halt, Vorrang geben“.

- Problematische Sicht des Kraftfahrers auf die Bahnstrecke bei der Anfahrtsstrecke, das Anhalten an der STOP-Tafel ist hier für die Sicherheit erforderlich und unbestritten.
- Die Straße in beiden Fahrtrichtungen im Gefälle – es motiviert zu hohen Fahrgeschwindigkeiten, die Bereitschaft des Kraftfahrers zum Anhalten ist niedrig, eine Maßnahme zweckmäßig.
- Die Eisenbahnkreuzung befindet sich außerorts (die Anwendung der Rüttelstreifen ist im diesem Projekt als effektiver prognostiziert als eventuell innerorts).
- Günstige Disposition zur Evaluation vorher / nachher (gute Bedingungen für die Geschwindigkeitsmessungen, die Beobachtungen des Verhaltens der Kraftfahrer an der STOP-Tafel kann man unbemerkt aus dem Haltestellenhäuschen realisieren, in beiden Fahrtrichtungen stehen geeignete Abstellflächen für das Anhalten der Fahrzeuge und Durchführung der Befragungen zur Verfügung).

Vielleicht der einzige Nachteil dieser Eisenbahnkreuzung ist der nicht optimale Fahrbahnzustand der Annäherungsstrecke von Matzen (etwa 120 m vor der Eisenbahnkreuzung teilweise Ausschläge und zahlreiche Risse in dem Fahrbahnbelag). Die Installation der Rüttelstreifen ist jedoch auch hier bedingt möglich (bei der Wahl geeigneter Ausführungstechnologie). In der anderen Richtung (Raggendorf-Matzen) ist der Fahrbahnzustand einwandfrei und die Installation unproblematisch.

Zusammenfassende Empfehlung der Teststrecken für das Projekt

Aus dem oben dargestellten Beurteilungsprozess kam die Abschlussempfehlung folgender zwei Teststrecken zur Errichtung der Rüttelstreifen bei Eisenbahnkreuzungen heraus.

- **Eisenbahnkreuzung ohne technische Sicherung:**
Gänsersdorf-Mistelbach, Bahn km 10,669 (Raggendorf), siehe Abbildung 5.
- **Eisenbahnkreuzung mit technischer Sicherung:**
Floridsdorf-Unterretzbach (NWB): Bahn km 42,515 (Göllersdorf), siehe Abbildung 6.

Auf der Koordinierungs-Besprechung 30. Oktober 2014 in Hollabrunn ist diese Empfehlung des Projektnehmers durch das Plenum akzeptiert und faktisch entschieden – die Auswahl der Teststellen ist entschieden worden. Weiter wurde in dem Projekt nur mit den zwei o. g. Eisenbahnkreuzungen gearbeitet.



Abbildung 5: Eisenbahnkreuzung Raggendorf, Bahn km 10,669



Abbildung 6: Eisenbahnkreuzung Göllersdorf, Bahn km 42,515

4. Entwurf der Maßnahme Rüttelstreifen

Informationsquellen – bisheriges know-how

Bei der Konstruktion der Rüttelstreifen, die alle Anforderungen für die Installation auf die Teststrecken erfüllen, ist das Forschungsteam von folgenden Informationsquellen ausgegangen:

- Die Rahmenbedingungen definiert im dem Vorprojekt MANEUVER [7] (logarithmische Abstände von mehreren Elementen vor der EK, Anwendung möglichst nur in unbebautem Gebiet, Erwartung der Geschwindigkeitsreduktion).
- Ausschreibungsleitfaden der FFG, Punkt 2.2.2 „Rüttelstreifen vor Eisenbahnkreuzungen“ (Anordnung der Rüttelstreifen im Bereich von Eisenbahnkreuzungen – etwa 100 m vor/nach, z. B. durch Ausfräsungen 2-3 mm tief oder Aufbringung 2-3 mm hoch).
- Die ausländische Literatur, insbesondere RADALJ [3] und COMPENDIUM [1] (Beispiele konkreter Ausgestaltung der Rüttelstreifen bei den Eisenbahnkreuzungen, Ausführung ausschließlich auf der Basis von Markierungen. COMPENDIUM [1] s. 79: „Rumble strips are lines or sections of profiled road markings placed across the carriageway“).

Ausgangsvorgaben

Beim Entwurf der konkreten konstruktiven Ausführung der Rüttelstreifen strebte das Forschungsteam eine möglichst „kompakte Maßnahme“ an, welche sich einfach in die straßenseitige Annäherungsstrecke einer Eisenbahnkreuzung einpassen lässt (auch in der Hinsicht auf die Vorgabe im Ausschreibungsleitfaden, wo eine Installation etwa 100 m vor der EK empfohlen wird). Diese Annäherungsstrecke (oder „Bereich der Eisenbahnkreuzungen“) wird traditionell durch die Anordnung der entsprechenden Verkehrszeichen verstanden – das Verkehrsschild „Bahnübergang“ und die Bahnbaken mit drei, zwei und einem Streifen. Umfang dieser Strecke beträgt 240 m, also eine genügende Länge, damit der Kraftfahrer immer noch ausreichend Zeit für die angepasste Reaktion zur Verfügung hat.

Anordnung der Rüttelstreifen in dem o.g. Bereich bietet auch praktische Vorteile – einfachere Absteckung (der erste Markierungsblock identisch mit der Position der

Bahnake mit drei Streifen) und insbesondere Ausschluss eines möglichen Funktionskonflikts mit eventuellen anderen Elementen der Straße, z. B. einer Kreuzung und Verwirrung des Kraftfahrers (die psychologische Assoziation der Rüttelstreifen mit der Eisenbahnkreuzung musste nicht eindeutig sein).

Auf die Bestrebung nach einer kompakten Maßnahme weist auch das Traffic Engineering Manual [16] hin, in der Tabelle 11.5 auf Seite 16 wird unterstrichen, dass bei Entfernungen zur nächsten Kreuzung weniger als 250 m keine Rüttelstreifen anzuwenden sind.

Bei der Anpassung der Rüttelstreifen an österreichische Verhältnisse wurde auch die folgende Gedankensweise zur Geltung gebracht:

- Der erste Rüttelstreifen in der Fahrtrichtung sollte den Kraftfahrer zuerst optisch und unmittelbar danach auch tastbar auf die Tatsache der sich nähernden Eisenbahnkreuzung aufmerksam machen. Deshalb zeigt sich als geeignet, die Lage des Verkehrszeichens „Bahnübergang ohne Schranken“ bzw. „Bahnübergang mit Schranken“ und der Bahnake mit drei Streifen zu nutzen. An dieser Stelle ist die Assoziation der Maßnahme und der Eisenbahnkreuzung eindeutig – der erste Rüttelstreifen betont die Lage dieser wichtigen Verkehrszeichen und deren Wahrnehmung.
- Die weiteren in dem Verlauf der Fahrt folgenden Rüttelstreifen mit sinkenden Abständen sollen einerseits den Kraftfahrer wiederholt an die sich nähernde EK „erinnern“ (die Aufmerksamkeit des Kraftfahrers in der Annäherungsstrecke zur Eisenbahnkreuzung aufrechterhalten) und andererseits die Illusion der schnelleren Fahrt erwirken, die den Kraftfahrer zur faktischen Geschwindigkeitsreduzierung motiviert.
- Der letzte Rüttelstreifen etwa auf der Position der Bahnake mit einem Streifen stellt die letzte „Ermahnung“ dar. An dieser Position sollte der Kraftfahrer bereits völlig „aufgeweckt“ bzw. konzentriert sein und sein Verhalten der Tatsache der nahen Eisenbahnkreuzung angepasst sein.

Zahl der Rüttelstreifen

In dem Projektentwurf definieren wir die Voraussetzung: „Die Maßnahme wird voraussichtlich durch mehrere Gruppen (sog. Blöcke) von Quermarkierungen gebildet“ und die Zahl auf fünf geschätzt. D. h. von Anfang an wurde mit mehreren Markierungsblöcken gerechnet (trotz der Tatsache, dass man im Ausland auch Anwendungen mit nur einem Markierungsblock finden kann, jedoch die Wirkung wird als gering eingestuft und eine Wiederholung der Blöcke empfohlen wird). Aus der Diskussion mit dem Verkehrspsychologen und der Berücksichtigung der ausländischen Literatur [3] kam die Empfehlung, auf den Teststrecken fünf Rüttelstreifen (bzw. fünf Markierungsblöcke) anzuwenden, die Anfangsschätzung also als geeignet akzeptiert.

Z. B. RADALJ [3] wendet auf den Teststrecken zwar nur max. drei Markierungsblöcke an, jedoch die einzelnen Blöcke sind sehr großflächig und umfangreich dimensioniert (bestehen aus 25 Querstreifen und die Länge in der Fahrtrichtung beträgt 12,2 m). In unserem Projekt bestreben wir uns um eine einfachere und kostengünstige Ausführung der einzelnen Markierungsblöcke (5 Querlinien statt 25), also ihre Zahl wurde angemessen gewählt und auf fünf gestellt. Eine Rolle spielte auch die Tatsache, dass sich fünf Markierungsblöcke gut in den Bereich zwischen den Bahnbacken mit drei und einem Streifen einpassen lassen, bei gleichzeitiger Erfüllung der Empfehlung logarithmischer Abstände der einzelnen Elemente. Dabei konnte auch die Empfehlung des Verkehrspsychologen erfüllt werden, dass nach der Überfahrt einzelner Blöcke sollte eine Zeitpause etwa 2-5 Sekunden folgen, um ein psychologisches Kontrast für den Kraftfahrer zu erzeugen und die haptische Wirkung zu unterstützen.

Berechnung der Abstände einzelner Markierungsblöcke im Lageplan

Die Entscheidung über die Ausstattung einzelner Teststrecken mit fünf mal fünf Rüttelstreifen und deren Platzierung in den Abschnitt zwischen der Bahnbacke mit drei Streifen und der Bahnbacke mit einem Streifen (also die Maßnahmenlänge 160 m) bildete die Eingangsgrößen für die Ableitung geeigneter logarithmischer Gleichung für die Festlegung der Abstände einzelner Rüttelstreifen in der Längsrichtung (Entwicklung eines Lageplanes).

Der Mathematiker erstellte in der Zusammenarbeit mit dem Verkehrspsychologen folgende logarithmische Gleichung auf:

Basis: 1,01, **delta:** 9,8E-01, **Gesamtlänge der Maßnahme:** 160 m.

Die o. g. Parameter bewirken, dass die Abstände einzelner Elemente in der Richtung zur EK sinken und ein **haptisches Effekt** unterstützt wird.

Aus der Gleichung gehen folgende Werte der Abstände einzelner Rüttelstreifen heraus:

69,23 – 40,50 – 28,74 – 22,29

Bzw. die Absteckungswerte vom Beginn der Maßnahme (der erste Rüttelstreifen bei dem Verkehrszeichen „Bahnübergang“) betragen (siehe auch Abbildung 7):

0 – 69,23 – 109,73 – 138,47 – 160,76

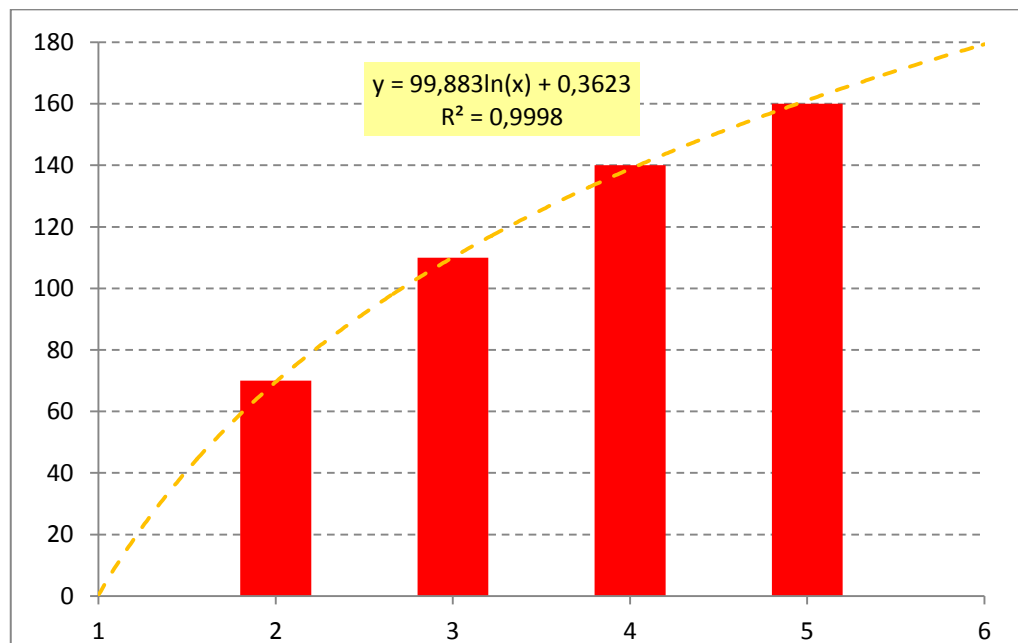


Abbildung 7: Theoretische und gerundete Abstände der Rüttelstreifen

Diese o. g. mathematisch (theoretisch) berechneten Abstände einzelner Rüttelstreifen sind leicht korrigiert bzw. gerundet worden, damit die Installationswerte für die Straßenverwalter, Straßenverkehrsbehörden und Markierungsfirmen in der Praxis benutzerfreundlich nachvollziehbar sind.

Auf solche Weise entstanden die Abstände der einzelnen Rüttelstreifen bzw. Entfernungen einzelner Markierungsblöcke (in Meter) **70 – 40 – 30 – 20** (siehe

Abbildung 8). Diese Werte haben sich in der Praxis als geeignet gezeigt (wie bei der Installation, so auch im Betrieb).

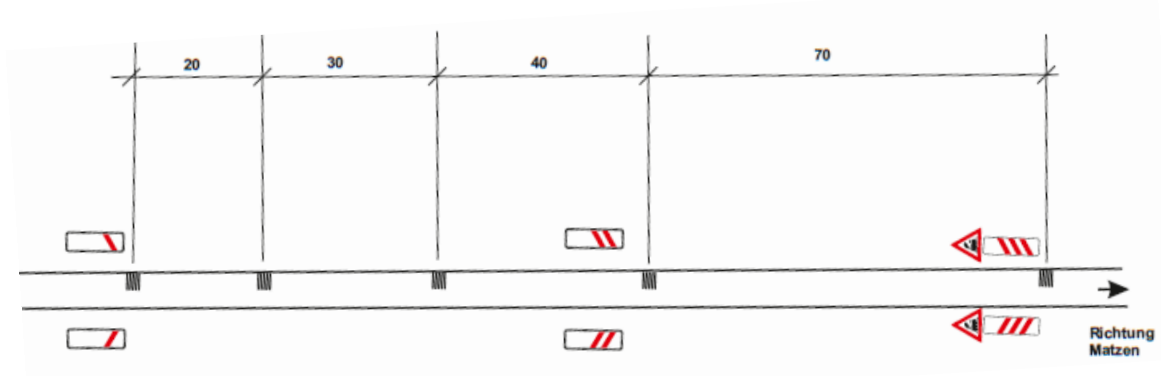


Abbildung 8: Gerundete Abstände der Rüttelstreifen im Lageplan

Die o. g. Konfiguration im Sinne des Lageplanes ist auf beiden Pilotbahnkreuzungen (Raggendorf - Bahn km 10,669 und Göllersdorf - Bahn km 42,515) in beiden Richtungen identisch. Die Rüttelstreifen unterscheiden sich nur durch die technologische Ausführung – auf beiden Eisenbahnkreuzungen erfolgte immer auf einer Seite (Fahrtrichtung) die Aufbringung von Heißplastik und auf der anderen Seite (Fahrtrichtung) Kaltplastik.

Die Ausführung einzelner Markierungsblöcke ist auf der folgenden Abb. 9 dargestellt.

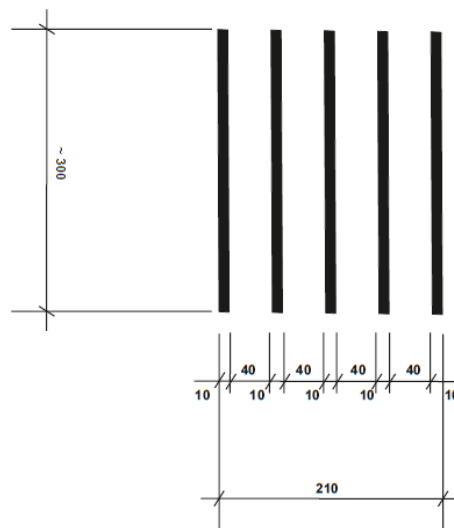


Abbildung 9: Detailausführung eines Markierungsblocks mit Maßen

Die einzelnen Rüttelstreifen (Markierungsblöcke) bestehen von je fünf Querlinien, **Breite 10 cm, Abstand zur nächsten Querlinie 40 cm** – siehe Abbildung 9, bzw. Detail A“ im Lageplan (10 cm stellt eine Standardbreite der sog. schmalen Markierungslinie dar; es ist jedoch möglich, auch die Werte 12 oder 15 cm anzuwenden). Gesamtlänge eines Blocks beträgt 210 cm. Die Wahl des Abstandes von 40 cm zwischen einzelnen Linien wurde mit Hilfe der Empfehlungen von Milles, Finley [18] durchgeführt: „For raised rumble strips, sound will increase as spacing increases until maximum tire displacement is reached“.

Die Breite der Rüttelstreifen soll den Fahrstreifenbreiten (für die Fahrtrichtung in die Eisenbahnkreuzung) entsprechen. Z.B. für die Fahrstreifenbreite 3,00 m sind die Längen der Querstriche auf 3,00 m zu setzen. Ist jedoch die Längsmarkierung vorhanden, sollen die Rüttelstreifen die Markierungslinien nicht berühren, sondern einen Abstand von 5-10 cm aufweisen. Z. B. für eine Fahrstreifenbreite von 3,25 m kann eine Länge von Querlinien von 3,10 m geeignet sein. Siehe auch das folgende Detail auf der Abbildung 10 – Beziehung der Quer- und der Längsmarkierung (Teststrecke Göllersdorf, Zustand der Maßnahme am 23. Mai 2016).



Abbildung 10: Ausführung der Rüttelstreifen in Bezug auf die Längsmarkierung

Höhe der Rüttelstreifen

Bei der Festlegung der Höhe der Rüttelstreifen ist das Forschungsteam von den Ausschreibungsvorgaben ausgegangen, die von einer Aufwölbung (bzw. Eintiefung) von 2-3 mm sprechen. Dieser Maß ist auch in dem Projektentwurf berücksichtigt worden: „Höhe der Markierungsbänder wird mindestens 2,5 mm betragen, um einen akkustischen, bzw. taktilen Effekt bei der Überfahrt eines Kraftfahrzeuges herzustellen“ (im Sinne der Psychologie eine Unterbrechung der Monotonie, der sog. „Wahrnehmungskontrast“). Reale Höhe der Rüttelstreifen, realisierter im Projekt RÜTTLEX, beträgt 3 mm (Kaltplastik) bzw. 4 mm (Heißplastik).

Es ist jedoch auf die Tatsache hinzuweisen, dass die o.g. Maße im Vergleich mit dem ausländischen know-how als relativ gering und „minimalistisch“ scheinen. Die meisten ausländischen Quellen setzen eine (wesentlich) größere Höhe der Querlinien der Markierungsblöcke voraus. Z. B. das amerikanische Material Thompson, Burris [17], Seite 3, rechnet mit 10 mm (vergleiche die Abbildungen 11 und 12).

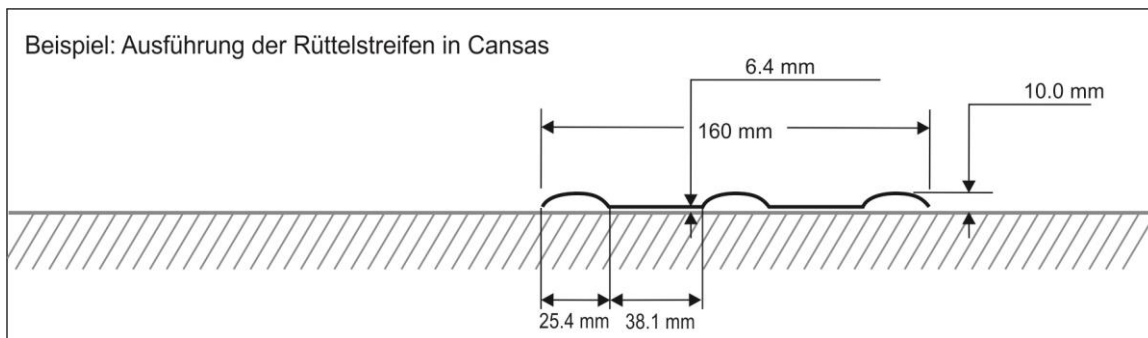


Abbildung 11: Ausführung der Rüttelstreifen nach [17]



Abbildung 12: Höhe der Rüttelstreifen auf den RÜTTLEX-Teststrecken

Auch das australische Handbuch für die Praxis Traffic Engineering Manual - Railway Level Crossings [16] führt auf der Seite 15 an: „The standard profile consists of **rumble strips that are 10 ± 2 mm high**. Aus den Schemen ist ersichtlich, dass dies (**10 ± 2 mm**) als eine Standardausführung verstanden wird und es noch eine Version mit niedrigem Profil **7 ± 2 mm** gibt. Diese Version, die weniger Lärm erzeugt, wird alternativ in dem Fall empfohlen, wo Beschwerden infolge des erhöhten Lärms bestehen (Wohnhäuser in der Umgebung). D. h. eine absolut minimale Höhe beträgt 5 mm (7 mm minus 2 mm Toleranz). Auf der anderen Seite muss in Betracht gezogen werden, dass die Ränder der australischen Rüttelstreifen gerundet werden und die Abstände einzelner Querlinien nur knapp 4 cm betragen, also die Räder erreichen zwischen einzelnen Streifen die Fahrbahnoberfläche nicht (wir nützen ein Maß von 40 cm, also zehnmal mehr, um in den Lücken einen Kontakt der Räder mit der Fahrbahnoberfläche zu gewährleisten).

Auch das Manual [16] gibt jedoch als wichtige Information an, dass die Rüttelstreifen nicht näher als 150 m vor der Eisenbahnkreuzung installiert werden sollen, weil die Rüttelstreifen mit einer Höhe von 10 mm Probleme bei einer Notbremsung schwerer LKWs erzeugen können. Unsere Wahl der Höhe der Rüttelstreifen von max. 4 mm schließt solches Problem aus und ermöglicht die Installation auch näher der Eisenbahnkreuzung (der letzte Markierungsblock haben wir nur 80 m vor der Eisenbahnkreuzung positioniert).

(eine Bemerkung – „GUTE NACHRICHT“)

Im Projekt RÜTTLEX konnte eine bemerkenswerte Wirkung erzielt werden, welche vergleichbar mit den australischen bzw. amerikanischen Ergebnissen ist – jedoch bei einfacherer Gestaltung der Rüttelstreifen (Höhe der Streifen nur bis 4 mm) und mit kleinerem Verbrauch der Markierungsmaterialien.

Möglichkeit der eingefrästen Rüttelstreifen

Am Projektbeginn wurde auch die Möglichkeit der Ausführung von Rüttelstreifen mit Hilfe von Einfräsungen studiert und diskutiert. Schließlich wurde jedoch über die weitere Konstruktion der Rüttelstreifen auf der Basis der Markierung entschieden, insbesondere aus folgenden Gründen:

- Die ausländische Literatur bietet bei den Querrüttelstreifen evaluierte Beispiele ausschließlich auf der Basis von Markierungen. Die gefräste

Ausführung wird den Längsrüttelstreifen in der Nähe von Randlinien vorbehalten und wird nicht regelmäßig befahren wie die Querrüttelstreifen.

- Bei gefrästen Querrüttelstreifen besteht das Risiko einer mangelnden Entwässerung, was zu Schwierigkeiten, insbesondere im Winter, führen könnte (erhöhte Schleudergefahr).
- Das Argument der erwarteten langen Haltbarkeit bei gefrästen Rüttelstreifen verliert heute an Relevanz, da der letzte Stand der Technik hochwertige Markierungsmaterialien (z. B. Heißplastik) bietet, die funktionell etwa 5 Jahre Bestand garantieren.
- Wichtige Forderung für eine „serienmäßige Herstellung“ der Rüttelstreifen in der Praxis stellt nicht nur eine einfache Montage, sondern auch ein einfaches Abtragen dar, z. B. im Falle der Beschwerden auf die Lärmbelastung. Die eventuell eingefrästen Rüttelstreifen sind nur sehr schwierig und teuer zu reparieren (was auch die ausländischen Beispiele bestätigen). Hingegen ist die Heißplastik sehr einfach abzutragen (das Material wird mit einem Brenner erhitzt und ohne Fahrbahnbeschädigung leicht abgespachtelt).

Wahl der Markierungsmaterialien für die Rüttelstreifen

Bei der Herstellung der Rüttelstreifen wurden absichtlich (aus Testgründen) zwei verschiedene Markierungsmaterialien gewählt – Kaltplastik (in Österreich praxisübliches und bewährtes Material) und Heißplastik.

Die Heißplastik stellt in Österreich ein neues Markierungsmaterial dar – empfohlen durch das Forschungsteam. Das wichtigste Argument waren vor allem positive bisherige Erfahrungen in der Tschechischen Republik, z. B. auf der Teststrecke in Nová Včelnice (Südböhmen) – Quermarkierung vor der experimentellen Eisenbahnkreuzung mit Fahrbahnlichtern. Die Haltbarkeit ist ausgezeichnet und beträgt etwa 5 Jahre (bestätigt auch durch die Angaben des Herstellers). Dank der Unterstützung der Bezirkshauptmannschaft wurde eine Zustimmung für die probeweise Nutzung operativ eingeholt und das Material durfte angewandt werden. Es handelt sich um das Material EURO THERM; ausführliche Information über die Parameter des Materials und seiner Anwendung, einschließlich der BAST-Prüfung, kann man z. B. auf der folgenden Adresse finden: <http://www.markier-system.de/eurotherm/bilder.html>.

Bei der Wahl der Materialien spielten auch Bestrebungen nach einer optimalen Konstruktion eine wesentliche Rolle – leicht aufzubringen und leicht zu entfernen, falls sich die Maßnahme im Betrieb nicht bewährt, z. B. wegen Lärmbeschwerden.

Insbesondere die Heißplastik erfüllt diese Forderung sehr gut – diese kann einfach mit dem Brenner erhitzt und ohne Beschädigung der Fahrbahnoberfläche abgespachtelt werden (keine Fräse notwendig).

Installationsplan der Rüttelstreifen

Der detaillierte Installationsplan für beide Teststrecken Göllersdorf und Raggendorf ist in der Beilage 1 präsentiert.

5. Installation der Rüttelstreifen auf die Teststrecken

Aufbereitung der Unterlagen

Nachdem die Teststrecken gewählt worden sind, über die Markierungsmaterialien entschieden (Kaltplastik, Heißplastik) und die notwendige Bewilligung für die probeweise Nutzung der bisher nicht in Österreich angewandten Heißplastik Eurotherm bei den Bezirkshauptmannschaften Gänserndorf und Hollabrunn eingeholt, konnte die Installation der Rüttelstreifen laut konstruiertem Lageplan realisiert werden. Der Lageplan wurde vorher mit den Vertretern der NÖ-Straßendienst und des Projektgebers beiderseitig abgestimmt.

Noch vor der eigentlichen Verlegung der Markierung fand am 29. April 2015 eine Besprechung mit den Geschäftsführern der Realisierungsfirma Karl Posch und Karl Heinz Fasching vor Ort statt. Den Kollegen wurden beide künftige Teststrecken Raggendorf und Göllersdorf detailliert vorgestellt (geplante Lage der Rüttelstreifen gezeigt und die Eignung der Fahrbahnoberfläche für die geplanten Markierungsmaterialien bestätigt, um mögliche künftige Probleme vorzubeugen).

Vormarkierung und das Aufbringen der Rüttelstreifen

Die Installation fand am 1. und 2. Juni 2015 statt. Am 1. Juni hatten die Mitglieder des Forschungsteams (Tučka, Skládány) die Vorbereitungsarbeiten übernommen, insbesondere die Vermessung der Teststrecken und detaillierte Absteckung einzelner Markierungsblöcke.

- Die Lagen einzelner Rüttelstreifen (auf beiden zukünftigen Teststrecken Raggendorf und Göllersdorf) wurden mit Hilfe eines genauen Messrades festgelegt, rechtwinkelig zur Fahrbahnachse eingestellt und die Ecken der zukünftigen Markierungsblöcke mit einer orangen Sprayfarbe vormarkiert und fixiert.
- In Raggendorf auf der Seite Matzen zeigte sich als notwendig, die Lagen bei den zwei letzten Rüttelstreifen näher der Eisenbahnkreuzung mit Rücksicht auf den mangelnden Fahrbahnzustand leicht zu korrigieren (bis 2 Meter), um eine zufriedenstellende Unterlage zu finden. Es gelang, die Rüttelstreifen außerhalb der Fahrbahnschäden detailliert platzieren, damit die Installation real und in guter technologischer Qualität möglich ist. Die Haltbarkeit der Rüttelstreifen wird hier ganz wesentlich von dem Zustand der Fahrbahnoberfläche limitiert.

Am 2. Juni 2015 erfolgte die eigentliche Installation. Morgens trafen sich die Vertreter des Forschungsteams und der Markierungsfirma SWARCO-HEOSCONT bei der Eisenbahnkreuzung Raggendorf und nach der Anfangsbesprechung und Diskussion des Markierungsplanes wurde mit der Installation begonnen:

- Fachliche Assistenz boten persönlich die Herren Geschäftsführer Posch und Fasching (es handelte sich eigentlich um die erste und seiner Art „historische“ Anwendung solches Markierungstypes bei den Eisenbahnkreuzungen in Österreich). Zur Verfügung standen weitere drei Mitarbeiter der Firma.
- Die Installation startete auf der Seite Matzen (Kaltplastik), siehe Abbildung 13, nach cca einer Stunde wurde auch auf der Seite Raggendorf (Heißplastik) mit den Arbeiten begonnen – zwei Kollegen des Realisierungsteams mit Gasbrenner und notwendigem vorgefertigtem Material, siehe Abbildung 14. Der wesentliche Teil der Arbeiten verlief also parallel, trotz prinzipiell verschiedener Verarbeitungstechnologien. Die Zeit, wo der Verkehr beeinflusst wurde, machte also nur etwa 3 Stunden aus.
- In den Nachmittagsstunden wurde die Installation bei der Eisenbahnkreuzung Göllersdorf fortgesetzt. Leider konnte nur die Seite (bzw. Teststrecke) näher der Gemeinde Göllersdorf (Heißplastik) realisiert werden, die Seite Großstelzendorf blieb wegen fehlendem Markierungsmaterial am 2. Juni 2015 unerledigt. Der Verbrauch an Kaltplastik in Raggendorf war infolge der Straßenschäden und Unebenheiten höher als die Firma SWARCO-HEOSCONT erwartete und der Vorrat zeigte sich als ungenügend. Die Installation der Teststrecke auf der Seite Großstelzendorf erfolgte deshalb in einem Ersatztermin am 17. Juni 2015.

Im Allgemeinen war die Zusammenarbeit mit der Herstellungsfirma gut und operative Angelegenheiten wurden laufend gelöst. Bestandteil der Lieferung war auch eine regelgerechte Sicherung der Arbeitsstelle. Als Ergebnis stehen dem Forschungsteam realisierte Teststrecken der Rüttelstreifen bei zwei Eisenbahnkreuzungen in einwandfreier technologischer Qualität zur Verfügung, bzw. zur Durchführung der Evaluation mit den geplanten Methoden.



Abbildung 13: Beginn der Arbeiten in Raggendorf, Seite Matzen (Kaltplastik)



Abbildung 14: Die Seite Raggendorf, Verlegung des ersten Rüttelstreifens (Heißplastik)

6. Wahl der geeigneten Evaluierungsmethoden

Für die Evaluierung der Wirksamkeit der getesteten Rüttelstreifen war es notwendig, geeignete Evaluierungsmethoden zu wählen. Die Methoden sind folgend zusammengefasst und die Motivation ihrer Wahl erklärt.

Geschwindigkeitsmessungen

Die Geschwindigkeit und ihre Änderungen wird in der verkehrstechnischen und verkehrspolitischen Praxis als ein entscheidender Indikator zur Beurteilung des Erfolges anerkannt (eine sog. indirekte Bewertungsgröße, ähnlich wie z. B. die Sicherheitsgurtquote). Auch geringe Geschwindigkeitsreduktionen bewirken wesentliche Sicherheitsgewinne (und umgekehrt). Dies wird durch eine Reihe von international anerkannten Arbeiten unterstützt, z. B. The Handbook of Road Safety Measures (Rune Elvik, 2009) [39] oder Road Safety Manual: World Road Association (PIARC), Paris, 2003 [40] **Z. B. eine Reduktion der straßenseitigen Durchschnittsgeschwindigkeit um 5 % bewirkt eine Reduzierung der Unfälle mit Verletzungen um 10 %, der tödlichen Unfälle sogar um 20 %.**

Auch das australische COMPENDIUM [1] nimmt am Anfang einen bestimmenden Standpunkt ein, „Speed has been identified as a major factor in the occurrence and severity of road crashes (e. g. OECD 2006; Armour & Cinquegrana 1990; Haworth & Rechnitzer 1993)“.

Geplante Meßmethoden

Eine automatische Messung mit Hilfe der Radargeräte (österreichischer Firma Sierzega). Auf jeder Teststrecke wurden drei charakteristische Messprofile definiert – die Positionen der Verkehrszeichen Bahnake mit einem, zwei und drei Streifen. Auf diesen Profilen wurden die Radargeräte auf die Pfosten montiert, was sich als sehr praktisch herausgestellt hatte (die Messprofile sind eindeutig definiert und bei der Wiederholung der Messungen „nachher“ und „später nachher“ immer genau eingehalten). D. h. die Messprofile befanden sich in den Entfernungen 240, 160 und 80 Meter von der Eisenbahnkreuzung, wonach man auch auf die Geschwindigkeitsentwicklung im Verlauf der Strecke schließen konnte.

Händische Messungen mittels der Lasergerätes LR 235-P. Diese Art der Datenerhebung ermöglicht es, das Geschwindigkeitsverhalten der Kraftfahrer in der gesamten Länge der Teststrecke zu verfolgen. In jeder Phase auf jeder Stelle wurden cca mindestens 200 Messungen (Fahrzeuge) geplant. In der Praxis hat sich jedoch

gezeigt, dass Ergebnisse dieser Messungen nicht wesentliche Vorteile im Vergleich mit der automatischen Messung bringen. Wesentliches Problem zeigte sich insbesondere auf der Tesstrecke Raggendorf, wo die Verkehrsstärke (und auch Angebot an Messobjekte) sehr niedrig ist und die erforderliche Zahl der gemessenen Fahrzeuge bedeuten einen extrem hohen Zeitaufwand. Deshalb wurden diese Messungen nur in der ersten Projektphase realisiert und durch eine wesentliche Vergrößerung des Umfangs der automatischen Messungen ersetzt (in jeder Projektphase 2-3 Wochen statt geplanter einer Woche).

Videobeobachtungen

Es handelt sich um eine geeignete Methode, um das Verhalten jedes einzelnen Kraftfahrers optisch beurteilen zu können. In diesem Forschungsprojekt ist diese Methode in zwei Aufgabenbereichen angewandt worden:

- Beobachtung des Verhaltens der KraftfahrerInnen bei dem STOP-Schild auf der Eisenbahnkreuzung Raggendorf (ob nach der Installation der Rüttelstreifen die Bereitschaft der KraftfahrerInnen zum Anhalten angestiegen ist).
- Beobachtung des Verhaltens der KraftfahrerInnen im Verlauf der Annäherungstrecke zu beiden Pilotbahnkreuzungen. Da war insbesondere das Bremsverhalten interessant (ob die Bremsung nach der Installation der Rüttelstreifen früher eingeleitet wurde bzw. eine andere Bremstechnik gewählt) und auch das Spurverhalten (ob es z. B. dazu kommt, dass die KraftfahrerInnen die Rüttelstreifen gänzlich oder teilweise umfahren und eventuelle Gefahrensituation auf diese Weise zu erwarten sind).

Psychologisches Experiment und Befragungen

Das psychologische Experiment hat das Ziel, den messtechnischen Nachweis zu erbringen, ob sich nach der Installation der Rüttelstreifen die Wahrnehmung der gewählten sicherheitsrelevanten Informationen durch den Kraftfahrer auch verbessert hatte. Zu solcher relevanten Information zählt typisch die Lichtzeichenanlage auf den technisch gesicherten Eisenbahnkreuzungen und das Sichtfeld der Eisenbahnkreuzung nichttechnisch gesichert. Das Prinzip dieser Methode besteht in der Anbringung eines atypischen Stimulus (z. B. ein Bild mit psychologisch definiertem Inhalt) in der Nähe der wichtigen Informationsquelle (z. B. der LZA). Nach dem Maß der Wahrnehmung des Stimulus kann man über die Entwicklung der

Wahrnehmung der sicherheitsrelevanten Information urteilen. Ein notwendiger Bestandteil des Experimentes sind die Befragungen der Kraftfahrer mit dem Inhalt „Wahrnehmung des definierten Stimulus vorher/nachher“ (ob die erwünschte Ausrichtung der Aufmerksamkeit auf relevante Elemente erzielt wurde). Es wurde mit cca 100 kurzen Gesprächen vorher / nachher gerechnet. Der Fragebogen ist durch den Verkehrssoziologen entworfen worden. Das Anhalten der Fahrzeuge fand in der Zusammenarbeit mit der Verkehrspolizei statt (bis 1 Kilometer nach dem Überqueren der Eisenbahnkreuzung).

Die Gespräche vor Ort sind mit Vorteil auch dazu genutzt, die angesprochenen KraftfahrerInnen nach ihrer Ansicht zu den realisierten Rüttelstreifen zu fragen (ein beträchtlicher Teil der Befragten war interessiert, über die Maßnahme und deren Funktion zu diskutieren).

Lärmmessungen

Die Lärmmessungen sind mit zwei verschiedenen Meßmethoden durchgeführt worden (statisch, dynamisch). Dabei wurde die modernste Messtechnik im Einklang mit aktuellen europäischen Normen genutzt (siehe die Übersicht in der Kapitel 7.5), einschließlich eines patentierten Messfahrzeuges.

Die Lärmmessungen bieten eine gute Möglichkeit an, die Einflüsse auf die mögliche Lärmbelastung infolge einer Installation der Rüttelstreifen schätzen zu können. Trotz der Tatsache, dass die Installation der Rüttelstreifen vorrangig außerorts geplant wurde (wo die Lärmbelastung nicht so große Rolle spielen sollte), können die Lärmdaten interessant sein. Z. B., um Aussagen und Empfehlungen über eventuelle Nutzung der Rüttelstreifen auch im bebauten Gebieten zu formulieren und die Einstellungen der Bevölkerung abschätzen zu können (ob Risiko der Beschwerden besteht oder ist es gering). Die Nützlichkeit hat sich in diesem Sinne im Verlauf des Projektes auch gezeigt – auf der Teststrecke Göllersdorf kam es nach der Installation der Rüttelstreifen seitens der Anwohner zu Beschwerden hinsichtlich dem erhöhten Lärmpegel, welche letztlich zur Entfernung der Maßnahme in einer Fahrtrichtung geführt haben.

7. Ergebnisse einzelner Evaluierungsmethoden

7.1 Geschwindigkeitsmessungen

Die Geschwindigkeit spielt in der Politik der Verkehrssicherheit eine Schlüsselrolle. Sie ist eine der entscheidenden sog. indirekten Größen, wonach die Entwicklung der Verkehrssicherheit bewertet wird. Dies trifft wie die Wertung der Verkehrssicherheit einzelner (z. B. verkehrstechnischer) Maßnahmen, so auch die Betrachtung der Verkehrssicherheit auf der Systemebene (z. B. Entwicklung der Geschwindigkeitsparameter einer gewählten Straßenkategorie im gesamten Straßennetz). Dies ist bereits in der Kapitel 6 näher kommentiert worden. Deshalb sind auf beiden Teststrecken Raggendorf, Göllersdorf in beiden Fahrtrichtungen ausführliche Geschwindigkeitsmessungen durchgeführt worden.

Termine und Zeitumfang der Messungen

Die Messungen deckten die Projektphasen „vor der Installation der Rüttelstreifen“, „kurz nach der Installation der Rüttelstreifen“ und „später nach der Installation der Rüttelstreifen“ (nach cca einem Jahr Betrieb). Die konkreten Termine der Messungen auf den Teststrecken sind bei den entsprechenden Tabellen in der Beilage 3 zu entnehmen.

Die Zeitlänge der Messungen in einzelnen Phasen betraf je nach Gerät- und Zeitverfügbarkeit eine bis drei Wochen. Der Projektbearbeiter war bestrebt, die am Beginn des Projektes geplanten Umfang von cca einer Woche in jeder Phase möglichst länger zu halten (auch um den Preis, die gemessenen Strecken müssen wiederholt besucht und die Batterien gewechselt werden). Dies ermöglichte relativ sehr hohe und statistisch signifikante Zahlen der gemessenen Fahrzeuge in der Größenordnung von Tausenden bis Zehntausenden (konkrete Zahlen siehe Beilage 3) zu gewinnen. Die Objektivität der Ergebnisse ist dann hoch und das Risiko eines statistischen Fehlers beim Vergleich der Werte einzelner Meßphasen untereinander weitgehend minimalisiert.

Technische und organisatorische Durchführung der Messungen

Die Messungen sind mittels der Radargeräte Sierzega SR 4 realisiert worden. Die Geräte wurden innerhalb jeder Teststrecke auf drei definierten Punkten platziert, konkret am Standort der Bahnbaken mit drei, zwei und einem Streifen. Die Positionen der Bahnbaken charakterisieren gut den Abschnitt mit geplanten bzw. installierten Rüttelstreifen (Beginn der Teststrecke, Mitte der Teststrecke, Ende der Teststrecke).

Dieses Vorgehen sicherte eine genaue Einhaltung der identischen Meßprofile in allen Erhebungsphasen und gute Vergleichbarkeit der Ergebnisse untereinander.

Die Radargeräte sind in der Regel durch eine Zweipersonengruppe mit Dienstwagen mit der Warnanlage montiert worden (um die Verkehrssicherheit bei der Montage zu gewährleisten). Nach der Montage wurde die Funktionalität sorgfältig eingestellt und kontrolliert (siehe Abbildung 15). Die Strecke wurde nach Ablauf von cca 10 Tagen wieder besucht, um die Batterien zu wechseln und die korrekte Funktion einzelner Geräte zu prüfen.



Abbildung 15: Einstellung der Funktionalität der montierten Radargeräte

Die Geräte mit Zubehör sind nach Ablauf der geplanten Messzeit abmontiert, die Daten gespeichert, kontrolliert und mit Hilfe eines statistischen Programmes ausgewertet (bzw. die verlangten Parameter jeder Datei jedes Meßprofiles berechnet) worden.

Die Größen zur Beschreibung der Geschwindigkeitscharakteristiken

Die gemessenen Geschwindigkeitsdateien einzelner Profile (Radargeräte), sind mittels folgender statistischer Größen charakterisiert:

- **V₈₅**: Eine entscheidende Bemessungsgröße in der Verkehrstechnik, die für die Wertung der Wirksamkeit von Verkehrssicherheitsmaßnahmen und auch in der Projektpraxis (Bemessung neuer Straßen oder Umbaumaßnahmen bestehender) angewandt wird. Die V₈₅ beschreibt ein reales Geschwindigkeitsverhalten auf der Straße. Es handelt sich um eine Geschwindigkeit, die von 85 % der Kraftfahrer nicht überschritten wird (15 %

der Kraftfahrer sind schneller). Aus messtechnischen Gründen (Toleranz der Radargeräte) wird sie in ganzen Zahlen gemessen und in den Tabellen in diesem Bericht auch präsentiert (bzw. formal wird eine Nachkommastelle mit Null belegt).

- **V_o**: Eine mittlere Geschwindigkeit oder Durchschnittsgeschwindigkeit. Traditionelle, jedoch nur statistische bzw. theoretische Größe (kein Fahrzeug fährt „durchschnittlich“).
- **V_{max}**: Der höchste gemessene Wert (Spitzengeschwindigkeit), d. h. der schnellste Kraftfahrer auf der Strecke. Dieses Wert ist eine Zusatzinformation und bietet z. B. eine Vorstellung, wie schnell im Alltag eine Straßenstelle tatsächlich durchfahren worden ist.
- **100**: In den Tabellen in diesem Bericht als eine Abkürzung für die prozentuellen Anteile der Kraftfahrer, die die erlaubte Höchstgeschwindigkeit 100 km/h nach der StVO überschreiten.

Die Ergebnisse der Geschwindigkeitsmessungen

Die detaillierten Ergebnisse (die berechneten Geschwindigkeitsparameter einzelner Teststrecken und Messprofile) sind tabellarisch zusammengefaßt und bei Beachtung eines größeren Umfanges der Darstellung sind die Tabellen in der Beilage 3 aufgeführt.

Auf dieser Stelle werden die ausgewählten Erfahrungen betreffs der Entwicklung der Geschwindigkeitsparameter auf einzelnen Teststrecken kurz kommentiert. Dabei wird auf interessante Merkmale und die Wirkung der Rüttelstreifen hingewiesen.

Raggendorf, Richtung Matzen

Diese Teststrecke kann als eine sehr erfolgreiche festgestellt werden. Nach der Installation der Rüttelstreifen ist die maßgebende Geschwindigkeit V_{85} am Beginn der Maßnahme (die Bahnake mit drei Streifen) um 5 km/h (**von 94 km/h auf 89 km/h**) und am Ende der Maßnahme (die Bahnake mit einem Streifen) um sogar 12 km/h (**von 81 auf 69 km/h**) gesunken.

Wenn man in Betracht zieht, die Rüttelstreifen stellen „nur“ eine Markierung dar, heißen diese Ergebnisse einen großen Erfolg (vergleichbar mit teuren baulichen Gestaltungsmaßnahmen). Sehr wertvoll ist auch die Erkenntnis, dass bei der Wiederholung der Geschwindigkeitsmessungen nach einem Jahr (die Phase „später nachher“) konnte der Effekt der Beruhigung bestätigt werden, was eine gute Stabilität

in der Zeit andeutet. Die V_{85} ist zwar gering angestiegen (um 1-2 km/h), die Werte liegen jedoch immer tief unter den Werten der Phase „vor der Installation der Rüttelstreifen“.

Die o. g. Geschwindigkeitsreduktion spiegelt sich auch in einer cca Halbierung der Zahl der Kraftfahrer, die gegen das StVO-Limit 100 km/h verstoßen (z. B. im Profil der Bahnake III in der Phase „vorher“ waren 9,23 % der Kraftfahrer schneller, in der Phase „nachher“ nur 4.33 %).

Vergleich mit internationalen Ergebnissen

Man kann eine Analogie mit der amerikanischen Studie „Stopping Behaviour“ [6] feststellen. Auf unsererer Teststrecke kommt in dem Zeitraum vorher/nachher bei der Bahnake I (mit einem Streifen) zur Reduzierung der mittleren Geschwindigkeit um **6,6 km/h**. Studie [6] stellt eine Reduzierung um 3,3 mph fest, d. h. um **5,3 km/h**, also die Ergebnisse sind ähnlich. Insgesamt wird über eine Geschwindigkeitsreduktion von 2,0 mph bis 5,0 mph berichtet (abhängig von der Fahrzeugkategorie und den Sichtverhältnissen) und [6] wertet die Rüttelstreifen als eine Sicherheitsmaßnahme mit überzeugender Wirkung („The study provide compelling evidence that in-lane rumble strips promote safer stopping behaviour on approaches to stop-controlled intersections“).

Raggendorf, Richtung Raggendorf

Auf dieser Teststrecke entwickeln sich die Geschwindigkeitsparameter nicht eindeutig. In der Phase „kurz nach der Installation“ kann man kaum Einflüsse der Rüttelstreifen auf die Geschwindigkeitsparameter feststellen. Die Werte der drei Messprofile unterscheiden sich nur gering oder gar nicht. Die V_{85} liegt bei der Bahnake III sogar um 2 km/h höher (Anstieg **von 83 auf 85 km/h**), bei der Bahnake II kam es zur Reduktion um 1 km/h (von **82 auf 81 km/h**) und bei der Bahnake I ist die Geschwindigkeit auf ganz identischem Niveau geblieben (**68,0 km/h**).

In der Phase „später nachher“ (nach einem Jahr) sind jedoch die Geschwindigkeitsparameter deutlich gesunken, bei der ersten Betrachtung ganz erfolgreich. Im Vergleich mit der Phase „vorher“ wurde die V_{85} bei der Bahnake III **von 83 auf 78 km/h** reduziert, bei der Bahnake II **von 82 auf 78 km/h** und bei der Bahnake I **von 68 auf 65 km/h**. Die Reduzierung kann man jedoch eher dem Einfluss der Verschlechterung des Fahrbahnzustandes zugerechnet werden, als der Annahme, dass die Wirksamkeit der Rüttelstreifen erst nach längerer Zeit beginnt (ein

eventueller „Lerneffekt“ der Kraftfahrer). Eine gewisse Hoffnung kann die Erkenntnis wecken, dass der Fahrbahnzustand im Messprofil bei der Bahnake III noch relativ gut ist (der verschlechtert sich erst näher der Eisenbahnkreuzung) und trotzdem wird die Geschwindigkeit „später nachher“ im Bereich des ersten Rüttelstreifens um 5 km/h reduziert.

Göllersdorf, Richtung Göllersdorf (Stockerau)

In der ersten Phase nach der Installation der Rüttelstreifen war die Entwicklung der Geschwindigkeiten eher positiv. Die maßgebende Geschwindigkeit V_{85} sinkt bei der Bahnake III um 1 km/h (**von 81 auf 80 km/h**), bei der Bahnake II um 3 km/h (**von 86 auf 83 km/h**) und bei der Bahnake III sogar um 7 km/h (**von 83 auf 76 km/h**). Der Effekt blieb jedoch in der weiteren Zeitphase leider nicht stabil. Nach einem Jahr (Phase später nachher) zeigen die gemessenen Werte einen großen Aufstieg und es wird sogar um bis 7 km/h schneller gefahren, als „vorher“ - bei der Bahnake I kam es zu einer Beschleunigung **von 83 auf 90 km/h**.

Es ist nicht einfach, eine verlässliche Erklärung für die o. g. Werte zu finden. Die Rolle kann ein Gewöhnungseffekt der Kraftfahrer spielen. Eines der Gründe kann auch das hohe Standard der technischen Sicherung dieser Eisenbahnkreuzung sein und das Gefühl, zusätzliche Maßnahmen wie Rüttelstreifen seien überflüssig (und nicht akzeptiert). Man kann auch ein wesentliches Detail erwähnen, dass die Befragten Kraftfahrer oft auf die Tatsache hinweisen, „warum die Rüttelstreifen nur in einer Fahrtrichtung installiert sind – dies ist doch unlogisch“ (siehe auch die Kapitel 7.4 Psychologisches Experiment). Dies weist auf eine schlechtere Akzeptanz der Maßnahme seitens der Öffentlichkeit, wodurch auch die Wirksamkeit betroffen ist.

Göllersdorf, Richtung Großstelzendorf (Hollabrunn)

Auf dieser Teststrecke steht nur der Vergleich der Geschwindigkeitscharakteristiken aus den Phasen „vorher“ und „kurz nachher“ zur Verfügung, da in der Phase „später nachher“ die Rüttelstreifen nicht mehr existierten.

Es lassen sich teilweise positive Tendenzen verfolgen, insbesondere eine interessante Reduzierung der V_{85} im Messprofil der Bahnake II um 5 km/h (**von 101 auf 96 km/h**) und der Bahnake I um 2 km/h (**von 93 auf 91 km/h**). Wegen fehlender Messungen in der Phase „später nachher“ ist es jedoch schwierig, nähere Aussagen über die Wirkung zu formulieren. Ob auch hier, ähnlich wie in der Fahrtrichtung Stockerau, zu einer allgemeinen „Beschleunigung“ kommt, oder ob der Anfangseffekt der Geschwindigkeitsreduzierung auch nach längerem Zeitraum (bzw. einem Jahr) da ist.

Die Spitzengeschwindigkeiten

Trotz der Tatsache, die Spitzengeschwindigkeiten nur einen Zusatzwert anzeigen (isolierte einzelne Fahrzeuge, die mit der höchsten Geschwindigkeit auf der Strecke unterwegs sind), so kann man doch eine Tendenz feststellen: Die Spitzengeschwindigkeiten liegen nach der Installation der Rüttelstreifen überwiegend tiefer, als in der Phase „vorher“. Die Ausnahme stellt nur Raggendorf, Richtung Raggendorf dar, wo die Werte praktisch identisch bleiben (die Geschwindigkeit ist hier wahrscheinlich mehr durch den Fahrbahnzustand als die Rüttelstreifen beeinflusst) und Göllersdorf, Richtung Stockerau, wo es nach einer Reduktion zum Anstieg aller Parameter in der Phase „später nachher“ kam. Also man kann vorsichtig schätzen, die Rüttelstreifen filtern die Geschwindigkeitsextreme etwas ab, bzw. der Fahrkomfort wird durch die Rüttelstreifen bei höheren Geschwindigkeiten stärker beeinflusst, bzw. herabgezogen.

7.2 Beobachtung des Verhaltens der KraftfahrerInnen bei dem STOP-Schild

Bei der Evaluierung der Wirkung an der nichttechnisch gesicherten Eisenbahnbahnkreuzung Raggendorf (Andreaskreuz und Stoppschild) war eine der entscheidenden Fragen, ob sich die Installation der Rüttelstreifen auf das regelkonforme Verhalten der KraftfahrerInnen bei dem Verkehrszeichen „Halt, Vorrang geben“ positiv auswirkt. In anderen Worten, ob die Kraftfahrer die Pflicht laut StVO, vor der Eisenbahnkreuzung anzuhalten, nach der Installation der Rüttelstreifen mehr befolgen, als in der Phase „vorher“. Dieser Frage wurde detailliert nachgegangen – das Verhalten wurde innerhalb mehrerer Tage in den einzelnen Phasen (vorher / nachher / später nachher) mittels einer Videobeobachtung aufgenommen, anschließend ausgewertet und Ergebnisse einzelner Phasen untereinander verglichen. Insgesamt sind beinahe 2300 Interaktionen der KraftfahrerInnen mit dem sog. STOP-Schild ausgewertet worden.

Termine der Erhebungen

Die Übersicht der durchgeführten Videobeobachtungen bietet die Tabelle 1. In allen Fällen handelte es sich um einen üblichen Arbeitstag, und es wurden sowohl Vormittage als auch Nachmittage berücksichtigt. Die Zahlen in den Klammern stellen die Zahlen der beobachteten und anschließend ausgewerteten Kraftfahrzeuge dar.

Tabelle 1: Übersicht der Erhebungstermine

Vorher	Kurz nachher	Später nachher
16. April 2015, 16:20-17:10 (38)	19. Juni 2015, 8:45-15:30 (325)	5. April 2016, 14:15-18:30 (192)
17. April 2015, 9:10-16:40 (253)	22. Juni 2015, 15:10-18:45 (161)	6. April 2016, 7:45-13:40 (168)
28. April 2015, 9:05-15:00 (164)	23. Juni 2015, 9:30-16:45 (256)	2. Juni 2016, 12:10-17:20 (120)
29. April 2015, 9:40-12:40 (86)	2. Juli 2015, 8:10-15:20 (246)	16. Juni 2016, 10:40-14:45 (84)
1. Juni 2015, 12:10-16:25 (189)		
730 Fahrzeuge	988 Fahrzeuge	564 Fahrzeuge

Erhebungstechnik

Das Verhalten der Fahrzeuge (KraftfahrerInnen) vor dem Passieren der Eisenbahnkreuzung (in beiden Fahrtrichtungen) ist mittels einer unauffälligen Videokamera (platziert auf einem Baum) in den o. g. Terminen beobachtet worden. Die Aufnahmen (siehe Abbildung 16) sind anschließend im Büro detailliert studiert und das Verhalten kategorisiert worden. Um die Beurteilung möglichst wahrheitsgetreu zu halten, sind sämtliche Auswertungen (aller Aufnahmen in allen Phasen) immer durch eine und dieselbe trainierte Person übernommen worden.



Abbildung 16: Videobeobachtung des Verhaltens bei dem STOP-Schild

Das Verhalten jedes einzelnen Kraftfahrers wurde in der Form einer der vier definierten Kategorien charakterisiert:

- 1) Der Kraftfahrer quert die Eisenbahnkreuzung ohne Geschwindigkeitsänderung.
- 2) Der Kraftfahrer hat seine Geschwindigkeit nur wenig reduziert.
- 3) Der Kraftfahrer hat seine Geschwindigkeit wesentlich reduziert oder beinahe angehalten.
- 4) Der Kraftfahrer hat vor der Eisenbahnkreuzung gänzlich angehalten.

In den folgenden Tabellen werden die einzelnen Kategorien des Verhaltens wegen der Vereinfachung der Darstellung und der Größe der Tabellenköpfe abkürzend beschrieben:

- 1) „Ohne Temporeduktion“
- 2) „Geringe Temporeduktion“
- 3) „Wesentliche Temporeduktion“
- 4) „Gänzlich angehalten“

Ergebnisse einzelner Erhebungsphasen

Die Ergebnisse sind in den folgenden Tabellen 2, 3 und 4 für die einzelne Erhebungsphasen (vor der Installation der Rüttelstreifen, kurz nach der Installation der Rüttelstreifen, später nach der Installation der Rüttelstreifen) zusammengefasst. In jeder Tabelle werden beide Fahrtrichtungen einzeln präsentiert (jede Fahrtrichtung stellt eine separate Teststrecke dar und das Verhalten in einzelnen Fahrtrichtungen unterscheidet sich wesentlich).

Tabelle 2: Verhalten bei dem STOP-Schild in der Phase „vorher“

Verhalten Richtung	Ohne Temporeduktion		Geringe Temporeduktion		Wesentliche Temporeduktion		Gänzlich angehalten		Insgesamt
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	
Raggendorf	4	1,1%	106	29,4%	171	47,5%	79	21,9%	360 (100%)
Matzen	45	12,2%	124	33,5%	156	42,2%	45	12,2%	370 (100%)
Insgesamt	49	6,7%	230	31,5%	327	44,8%	124	17,0%	730 (100%)

Tabelle 3: Verhalten bei dem STOP-Schild in der Phase „kurz nachher“

Verhalten Richtung	Ohne Temporeduktion		Geringe Temporeduktion		Wesentliche Temporeduktion		Gänzlich angehalten		Insgesamt
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	
Raggendorf	3	0,6%	68	13,3%	347	67,6%	95	18,5%	513 (100%)
Matzen	27	5,7%	150	31,6%	257	54,1%	41	8,6%	475 (100%)
Insgesamt	30	3,0%	218	22,1%	604	61,1%	136	13,8%	988 (100%)

Tabelle 4: Verhalten bei dem STOP-Schild in der Phase „später nachher“

Verhalten Richtung	Ohne Temporeduktion		Geringe Temporeduktion		Wesentliche Temporeduktion		Gänzlich angehalten		Insgesamt
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	
Raggendorf	0	0,0%	32	11,2%	186	65%	68	23,8%	286 (100%)
Matzen	36	12,9%	67	24,1%	143	51,4%	32	11,5%	278 (100%)
Insgesamt	36	6,4%	99	17,6%	329	58,3%	100	17,7%	565 (100%)

Übersicht der Änderungen des Verhaltens der KraftfahrerInnen

Die folgende Tabelle 5 bringt die einzelnen Erhebungsphasen zusammen und bietet eine Übersicht der Änderungen des Verhaltens der KraftfahrerInnen bei dem STOP-Schild (prozentuell) im Laufe der Zeit an. Man kann also leichter die Entwicklung des Verhaltens in jeder Fahrtrichtung verfolgen.

Tabelle 5: Entwicklung des Verhaltens in einzelnen Richtungen und Erhebungsphasen

Fahrtrichtung	Phase	Ohne Temporeduktion	Geringe Temporeduktion	Wesentliche Temporeduktion	Gänzlich angehalten
Raggendorf	Vorher	1,1%	29,4%	47,5%	21,9%
	Kurz nachher	0,6%	13,3%	67,6%	18,5%
	Später nachher	0,0%	11,2%	65%	23,8%
Matzen	Vorher	12,2%	33,5%	42,2%	12,2%
	Kurz nachher	5,7%	31,6%	54,1%	8,6%
	Später nachher	12,9%	24,1%	51,4%	11,5%

Für eine bessere Anschaulichkeit und einfachere Interpretation der Ergebnisse sind die Kategorien des Verhaltens 1 und 2 (keine oder nur geringe Temporeduktion) zusammenfassend in der folgenden Tabelle 6 als ein „gefährliches Verhalten“ und die Kategorien 3 und 4 (wesentliche Geschwindigkeitsreduktion, beinahe angehalten, gänzlich angehalten) als ein „verkehrssicheres Verhalten“ bezeichnet. Es stimmt zwar, dass rein formal (im Sinne der StVO) stellt die Durchfahrt eines STOP-Schildes auch mit geringer Geschwindigkeit ein Verkehrsdelikt dar, jedoch für die Verkehrssicherheit wirkt sich eine wesentliche Temporeduzierung unbestritten günstiger aus, als eine Durchfahrt mit hoher Geschwindigkeit (ebenfalls ein Verkehrsdelikt).

Tabelle 6: Entwicklung des gefährlichen und des verkehrssicheren Verhaltens

Richtung	Phase	Gefährliches Verhalten	Verkehrssicherers Verhalten
Raggendorf	Vorher	30,5%	69,4%
	Kurz nachher	13,9%	86,1%
	Später nachher	11,2%	88,8%
Matzen	Vorher	45,7%	54,3%
	Kurz nachher	37,3%	62,7%
	Später nachher	37%	63%

Zusammenfassung der Ergebnisse

Es ist ersichtlich, dass die Rüttelstreifen positive Änderungen des Verhaltens der KraftfahrerInnen vor dem Passieren der Eisenbahnkreuzung (bei dem STOP-Schild) bewirken. Insbesondere in der Richtung Raggendorf kommt zu einer merkwürdigen **Reduzierung des „gefährlichen Verhaltens“ von 30,5 % auf 13,9 %**, in der Phase „später nachher“ sogar auf 11,2 %. D. h. mehr als eine Halbierung des „gefährlichen Verhaltens“ und entsprechende Erhöhung der Anhaltebereitschaft.

Sehr erfreulich ist auch die Tatsache, dass **der Effekt der Verbesserung des Verhaltens im Verlauf der Zeit stabil bleibt** (also erlöscht nicht z. B. infolge eines Gewöhnungseffektes). Die Wiederholung der Erhebungen nach einem Jahr (die Phase später nachher) gibt teilweise eher bessere Werte aus. Dies kann eine Wirkung der Rüttelstreifen über einen längeren Zeitraum andeuten.

Es gibt jedoch Unterschiede zwischen beiden Fahrrichtungen. In der Richtung Matzen ist der festgestellte Effekt der Reduzierung des „gefährlichen Verhaltens“ weniger erkennbar – hier kommt zu einer Reduzierung von 45,7 % auf 37 %. Dies kann mit den unterschiedlichen Sichtverhältnissen in beiden Annäherungsstrecken zur Eisenbahnkreuzung zusammenhängen. In der Richtung Matzen ist die Sicht auf eine Seite der Bahnstrecke und den eventuell sich herannähernden Zug für den Kraftfahrer bereits aus einer größeren Entfernung möglich. Hat der Kraftfahrer die Bahnstrecke schon kontrolliert, ist er trotz Rüttelstreifen zum Anhalten bei der Eisenbahnkreuzung nicht so stark motiviert als in der Gegenrichtung, wo die beidseitige Sicht auf den Bahnkörper praktisch erst am Rande der Eisenbahnkreuzung möglich ist.

7.3 Einflüsse der Rüttelstreifen auf die Wahl der Fahrspur und das Bremsverhalten

Allgemeines – Ziel der Beobachtung

Ziel der Videobeobachtung des Verhaltens der Kraftfahrer in den Annäherungsstrecken der Eisenbahnkreuzungen war vor allem die Erbringung des Nachweises, ob es nach der Installation der Rüttelstreifen zu Änderungen in der Wahl der Fahrspur kommt, die ein Risiko darstellen können (z. B. eine Tendenz, die Rüttelstreifen durch die Fahrt in der Gegenrichtung gänzlich oder teilweise umzufahren).

Auf der nichttechnisch gesicherten Eisenbahnkreuzung (Raggendorf), wo für den Kraftfahrer nach der StVO eine Pflicht besteht, vor der Eisenbahnkreuzung die Geschwindigkeit zu reduzieren und anzuhalten (laut Gebot des Verkehrszeichens „Halt, Vorrang geben“), war auch die Frage interessant, ob sich das Bremsverhalten der Kraftfahrer nach der Installation der Rüttelstreifen ändert, z. B. ob der Bremsvorgang früher eingeleitet wird. Auf der Eisenbahnkreuzung Göllersdorf ist diese Frage nicht relevant und wurde nicht verfolgt (diese Eisenbahnkreuzung ist technisch gesichert und der Kraftfahrer ist hier nicht explizit verpflichtet, zu bremsen oder anzuhalten, wenn das Rotlicht nicht leuchtet).

Vorgehen auf einzelnen Teststrecken

Eine komplette Videobeobachtung auf der Basis eines Vergleiches vorher / nachher wurde auf der Teststrecke Raggendorf, Richtung Matzen, durchgeführt (siehe Abbildung 17).



Abbildung 17: Die Teststrecke Raggendorf, Richtung Matzen

Da standen praktisch ideale Bedingungen zur Beobachtung der Einflüsse der Rüttelstreifen zur Verfügung – ein guter Fahrbahnzustand und keine Straßenschäden, die die „freie Wahl“ der Fahrspur stören. Ganz wichtiger Faktor ist auch, dass es hier keine Markierung gibt (die Fahrstreifen nicht exakt definiert) und dem Kraftfahrer wird keine vorgegebene Spur suggeriert. Er hat in der Wahl der Spur eine relative Freiheit und die eventuellen Einflüsse der Rüttelstreifen kommen besser zum Vorschein.

Auf der Teststrecke Raggendorf, Richtung Raggendorf, ist nur eine kurze Beobachtung realisiert, da hier Fahrbahnschäden auftreten, die die Wahl der Fahrspur mehr beeinflussen, als die Rüttelstreifen selbst (siehe Abbildung 18).



Abbildung 18: Fahrbahnschäden auf der Teststrecke Raggendorf, Richtung Raggendorf

Auf der Teststrecke Göllersdorf wurde die Videobeobachtung in der Fahrtrichtung Großstelzendorf-Göllersdorf realisiert (in der anderen Richtung sind die Rüttelstreifen infolge der Beschwerden bald nach der Installation entfernt worden). Es handelte sich um eine Kontrollerhebung in der Phase installierter Rüttelstreifen. Auf diesem Straßenabschnitt gibt es ein komplettes System der Längsmarkierung (Randlinien + mittlere Leitlinie), dessen Einfluss für die Wahl der Fahrspur entscheidend ist. Die Spur ist exakt vorgegeben und seitens der Kraftfahrer akzeptiert (es ist auch praktisch und bequem). Eine Situation, dass der Kraftfahrer die Markierung nicht verfolgt und z. B. mit der Leitlinie zwischen den Rädern fährt, kommt kaum vor (bietet keine Vorteile). Interessant hier war also primär nur der Nachweis zur Frage, ob die

neu installierten Rüttelstreifen die Kraftfahrer zu den Ausweichmanövern ganz oder teilweise in die Gegenrichtung motivieren können.

Technische Durchführung der Erhebungen

In der Entfernung von etwa 300 Meter vor der Eisenbahnkreuzung ist eine Videokamera installiert worden (siehe Abbildung 19). Dadurch war es möglich, das Verhalten der Kraftfahrer (die Wahl der Fahrspur und Aufleuchten der Bremslichter) innerhalb der gesamten Annäherungsstrecke zur Eisenbahnkreuzung (einschließlich der Positionen einzelner Rüttelstreifen) aufzunehmen.



Abbildung 19: Videobeobachtung der Fahrspur und des Bremsverhaltens

Aus der Sicht des Kraftfahrers war die Kamera unauffällig arrangiert, um die Atmosphäre einer Kontrolle nicht zu erwecken und das Verhalten dadurch nicht zu beeinflussen. In Raggendorf war die Kamera zwischen Sträuchern in der Böschung des Straßengrabens platziert, in Göllersdorf in einem abgestellten Fahrzeug.

Die Videoaufnahmen sind anschließend im Büro durchgesehen und das Verhalten jedes einzelnen Fahrzeuges im Verlauf der Annäherungsstrecke vor der Eisenbahnkreuzung sorgfältig beobachtet und kategorisiert.

Ergebnisse einzelner Teststrecken

Raggendorf, Richtung Matzen

Termine der Videobeobachtung:

- Vorher: 28. April 2015, Zeitrahmen 9:00 – 15:00, Zahl der aufgenommenen Fahrzeuge: 77
- Nachher: 16. Juni 2016, Zeitrahmen 10:30 – 17:00, Zahl der aufgenommenen Fahrzeuge: 84

Die Wahl der Fahrspur

In der Phase vor der Installation der Rüttelstreifen ist kein Kraftfahrer in die Gegenrichtung gefahren und in der Mitte der Fahrbahn fuhren 3 Kraftfahrer von 77, also **3,9 %**.

In der Phase „nachher“ wichen 3 Kraftfahrer den Rüttelstreifen auf die Gegenrichtung aus (Beispiel siehe Abbildung 20), also 3,6 %, und 4 Kraftfahrer von 84, d. h. **4,8 %**, sind in der Mitte der Fahrbahn gefahren. 34,9 % der Kraftfahrer haben die Rüttelstreifen mit den linken Rädern gemieden oder sie nur mit Teil der Breite der linken Reifen passiert (eine leichte Tendenz, nach links auszuweichen). 56,6 % der Kraftfahrzeuge haben die Rüttelstreifen mit allen Rädern passiert (keine Tendenz, nach links auszuweichen).



Abbildung 20: Ausweichmanöver in die Gegenrichtung

Vor der Installation der Rüttelstreifen waren keine visuellen Fahrspuränderungen erkennbar. Nach der Installation ist bei 29,8 % der Fahrzeuge eine Spuränderung zu beobachten, jedoch meistens nur eine leichte und zügige (keine abrupten Fahrmanöver).

Das Bremsverhalten

In der Phase „vorher“ haben 17,7 % der Kraftfahrer den Bremsvorgang im Bereich der Bahnake III eingeleitet. Zwischen den Bahnake II und I waren es 72,6 % und zwischen Bahnake I und der Eisenbahnkreuzung nur 9,7 % der Kraftfahrer.

In der Phase „nachher“ haben 26,8 % der Kraftfahrer den Bremsvorgang im Bereich der Bahnake III eingeleitet, also **um beinahe 10 % mehr als „vorher“** (siehe Abbildung 21). Zwischen den Bahnaken II und I haben 50,7 % der Kraftfahrer mit der Bremsung begonnen und zwischen Bahnake I und der Eisenbahnkreuzung 22,5 %.



Abbildung 21: Beginn der Betriebsbremsung im Bereich der Bahnake III

Raggendorf, Richtung Raggendorf

Diese Teststrecke wurde stichprobenweise durch Personen vor Ort laufend beobachtet. Eine umfangreiche Videobeobachtung zeigte sich hier als nicht sehr zweckmäßig, da der mangelhafte Fahrbahnzustand wirkt sich auf die Wahl der Fahrspur mehr, als die Rüttelstreifen selbst (keine Standardbedingungen).

Die Wahl der Fahrspur

Offensichtlich gibt es eine deutliche Tendenz zum Ausweichen bzw. Umfahren der letzten zwei Rüttelstreifen (näher der Eisenbahnkreuzung) mit linken Rädern, da sich in deren Nähe schwere Fahrbahnschäden (Schlaglöcher) schnell entwickeln. Diese Tendenz ist bei etwa 50 % der KraftfahrerInnen beobachtet worden. Auf dem restlichen Teil der Strecke sind keine merklichen Tendenzen zur Änderung der Fahrspur beobachtet worden (die Rüttelstreifen auf der unebenen Fahrbahn mit vielen Rissen beeinflussen den Fahrkomfort nicht wesentlich und die Motivation der Kraftfahrer zur Änderung der Fahrspur ist minimal).

Göllersdorf

Die Videobeobachtung wurde hier am 27. Juni 2016, Zeitrahmen 14:00 – 15:00, realisiert. Insgesamt sind 42 Kraftfahrzeuge beobachtet und folgend ausgewertet worden. Alle Fahrzeuge haben die Rüttelstreifen mit allen Rädern passiert. 59,5 % der Kraftfahrer (25) haben ihre Fahrspur in der Achse des Fahrstreifens oder leicht links von dieser Achse gewählt. 40,5 % der Kraftfahrer (17) sind mehr links in der unmittelbaren Nähe der Leitlinie (d. h. der Fahrbahntrennung) gefahren. Keiner der Kraftfahrer hat die Rüttelstreifen mittels einer Richtungsänderung in die Gegenrichtung ausgewichen, nicht einmal teilweise. Keiner der Kraftfahrer ist auch ganz rechts bei der Randlinie oder sogar hinter ihr gefahren, um die Rüttelstreifen mit rechten Rädern auf dem Bankett umzufahren.

Die Ergebnisse unterstützen die Annahme, **für die Wahl der Fahrspur ist vor allem die Längsmarkierung entscheidend**. Ein Einfluss der Rüttelstreifen auf die Wahl der Fahrspur war nicht festzustellen (siehe auch Abbildung 22).



Abbildung 22: Kein Einfluß der Rüttelstreifen auf die Wahl der Fahrspur

Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Wahl der Fahrspur

Die teilweise Änderungen der Fahrspur infolge der installierten Rüttelstreifen sind nur auf der Teststrecke Raggendorf, Richtung Matzen, zu beobachten. Meistens handelt es sich jedoch um eine Tendenz, mit linken Rädern am linken Rande der Rüttelstreifen zu fahren und diese Manöver sind sehr zügig und flüssig (in der Größenordnung von maximal zehn Zentimeter), keinesfalls abrupt oder plötzlich. Somit konnte kein unmittelbares Risiko für die Verkehrssicherheit festgestellt werden.

Das Ausweichen in die Gegenrichtung tritt nur selten auf und da die Strecke übersichtlich ist, kann man die davon kommenden Gefahren als gering annehmen (diese Kraftfahrer machen es bewusst und aufmerksam).

Dass das Ausweichen der Rüttelstreifen in die Gegenrichtung ab und zu auftreten kann, lassen auch die ausländischen Materialien zu. Z. B. gibt das australische Dokument Compendium [1] in der Kapitel A.3 Level Crossing Treatment (Seite 79) an: „A small number of drivers were filmed driving around the rumble strips and onto wrong side of the road during one trial“. Es werden jedoch keine näheren Zahlen zu der Feststellung „a small number“ angeführt.

Rein theoretisch ist es nicht auszuschließen, dass ein Kraftfahrer die Rüttelstreifen (etwa bei schlechter Witterung) mit einem anderen Element verwechseln könnte, z. B. einer Sperrfläche, und unwillkürlich mit einem Ausweichmanöver reagiert. Unsere Erhebungen bzw. mehrmalige Beobachtungen des Betriebes vor Ort im Verlauf eines Jahres haben jedoch keinen solchen Fall registriert. Auch in den internationalen Studien kann man an keine Information solcher Art treffen. Dieses Risiko kann man also als absolut gering einschätzen.

In Göllersdorf lässt sich zusammenzufassen, dass die Fahrspuränderungen infolge der installierten Rüttelstreifen kaum vorkommen oder ganz unwesentlich sind (nur leichte Variationen im Rahmen der Fahrstreifenbreite des eigenen Fahrstreifens, kein hineinragen in die Gegenrichtung). Die vorgegebene Längsmarkierung (Fahrstreifenbegrenzung) ist seitens der Kraftfahrer kaum überfahren worden, bzw. infolge der Rüttelstreifen überragt worden. Trotz der Tatsache, dass die Reaktionen der Befragten zu den Rüttelstreifen (im Rahmen des psychologischen Experimentes) weniger günstig (manchmal sogar abneigend) waren, als in Raggendorf, wo die Maßnahme seitens der Respondenten im allgemeinen gut akzeptiert war.

Es ist also ersichtlich, dass eine Existenz der Längsmarkierung die Kraftfahrer zu einer Disziplin betreffs des Spurhaltens stark motiviert. Es scheint also geeignet

zu sein, die Rüttelstreifen mit der Längsmarkierung zu kombinieren, um die Disziplin in der Einhaltung der Fahrspur zu unterstützen.

Das Bremsverhalten

In Raggendorf (Richtung Matzen) kann man eine interessante Tendenz beobachten, dass die Rüttelstreifen die Kraftfahrer zur früheren Einleitung der Bremsung innerhalb der Annäherungsstrecke zur Eisenbahnkreuzung motivieren. Die Konfrontation der Kraftfahrer mit der ersten Position der Rüttelstreifen bei der Bahnake mit drei Streifen erhöhte den Anteil der Kraftfahrer, die mit der Bremsung begonnen haben, **um etwa 10 %** (die Zahlen steigen von 17,7 % auf 26,8 %). Dies kann zur früheren Beobachtung der Situation auf der Eisenbahnkreuzung bzw. der Bahnstrecke seitens des Kraftfahrers führen.

Mögliche Einflüsse auf die Radfahrer

In dem Projekt MANEUVER [7] (siehe Seite 73) wird ein möglicher Nachteil (Risiko) befürchtet, dass die Rüttelstreifen durch die Radfahrer umgefahren werden können. Bei den Beobachtungen vor Ort (etwa 60 Radfahrer) ist jedoch kein solcher Fall registriert worden (auf keiner der Teststrecken), da die Konstruktion der Rüttelstreifen ziemlich „schonend“ ist und für die Radfahrer keinen wesentlichen Eingriff in das Fahrkomfort bedeutet (siehe Abbildung 23).



Abbildung 23: Ein zufriedener Radfahrer bei der Überfahrt der Rüttelstreifen

7.4 Befragungen - psychologisches Experiment

Einen Bestandteil der Beurteilung der Einflüsse der Rüttelstreifen auf das Verhalten der KraftfahrerInnen stellte auch die Ermittlung dar, ob sich die Rüttelstreifen positiv auf **die Zuwendung der Aufmerksamkeit des Kraftfahrers in die gewünschte Richtung** auswirken können. Dies heißt die Zuwendung der Aufmerksamkeit der Lichtzeichenanlage auf technisch gesicherten, bzw. dem Sichtfeld auf nichttechnisch gesicherten Eisenbahnkreuzungen, da hier die lebenswichtige Information über den sich annähernden Zug zu suchen ist.

Auswahl der Methode

Die Zuwendung der Aufmerksamkeit kann man in der psychologischen Praxis mit verschiedenen Methoden ermitteln. Es ist z. B. möglich, das Gesicht des Kraftfahrers mit einer äußeren Kamera aufzunehmen und die Blickrichtung aus der Lage der Pupillen abzuleiten. Diese Methode ist jedoch problematisch, da auch bei einer idealen Platzierung der Kamera weist das Gesicht des Kraftfahrers eine beträchtliche Parallaxe aus. Eine weitere Verzerrung ist durch die Frontscheibe des Kraftfahrzeuges verursacht, also diese Methode scheint für dieses Projekt als ungeeignet.

Als eine andere Möglichkeit bietet sich die Realisierung einer experimentellen Studie mit Nutzung des sog. eye-trackings (z. B. viewpointsystem). Dazu wird jedoch eine große Zahl der Testsubjekte benötigt, die den Zweck des Experimentes nicht kennen dürfen. Die Fahrtstrecke müsste genügend lang sein, um die temporäre Erhöhung der Aufmerksamkeit durch das Experiment selbst zu zerstreuen. Sonst wäre es nicht möglich, die Ergebnisse als entsprechend einer üblichen Verkehrssituation zu verstehen. Eine solche Studie wäre auch schwierig realisierbar und sehr zeit- und kostenaufwendig.

Eine bloße Ermittlung der Blickrichtung des Kraftfahrers musste auch nicht die Frage beantworten, ob die Sicht in die gewünschte Richtung auch durch den Fokus der Aufmerksamkeit begleitet wurde.

Unter gegebenen Umständen scheinen **direkte Befragungen der KraftfahrerInnen** eine optimale Möglichkeit zu sein – den Kraftfahrer nach dem Queren der Eisenbahnkreuzung anzuhalten und zu fragen, ob er die Aufmerksamkeit der Lichtzeichenanlage bzw. dem Sichtfeld der Eisenbahnkreuzung ohne technische Sicherung geschenkt hatte. Nichtsdestoweniger, auch diese Methode selbst müsste nicht die gefragte Information bringen, da folgende Situationen entstehen können:

- a) Der Respondent kontrollierte die Eisenbahnkreuzung (das Sichtfeld oder die Lichtzeichenanlage) und antwortet wahrheitsgetreu, dass er es tat.
- b) Der Respondent kontrollierte die Eisenbahnkreuzung (das Sichtfeld oder die Lichtzeichenanlage), jedoch erinnert sich an diese Aktivität nicht, deshalb antwortet er, dass er es nicht tat. Eine solche Situation kann entstehen, da nach dem Queren der Eisenbahnkreuzung die Information über die Aktivitäten im Zusammenhang mit der Eisenbahnkreuzung für den Kraftfahrer nicht weiter relevant ist und er keinen Grund hat, sie weiter im Gedächtnis zu behalten.
- c) Der Respondent ignoriert die Eisenbahnkreuzung (das Sichtfeld oder die Lichtzeichenanlage), antwortet jedoch auf die sozial gewünschte Weise, d. h. dass er die Eisenbahnkreuzung und ihre wichtigen Elemente kontrollierte.
- d) Der Respondent kontrollierte die Eisenbahnkreuzung (das Sichtfeld oder die Lichtzeichenanlage) nicht und antwortet wahrheitsgetreu, dass er es nicht tat.

Eine bloße direkte Befragung betreffs des Verhaltens des Kraftfahrers beim Passieren der Eisenbahnkreuzung kann nicht die Varianten a) und c), ebenfalls wie b) und d), zueinander unterscheiden. Diese Schwierigkeit haben wir versucht, mittels eines **psychologischen Experimentes** zu eliminieren. Die Methode basiert auf dem Platzieren eines gewissen Objektes in die Nähe von Elementen, auf die der Kraftfahrer seine Aufmerksamkeit für das verkehrssichere Passieren der Eisenbahnkreuzung richten soll. Das Objekt ist so gewählt, dass es nicht die völlige Aufmerksamkeit des Kraftfahrers auf sich zieht, jedoch für den Kraftfahrer wahrnehmbar ist, wenn der Kraftfahrer seine Aufmerksamkeit auf die gewünschte Weise richtet. Das Objekt soll ebenfalls etwas unüblich sein, damit sich die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass es der Kraftfahrer wahrnimmt (nicht umgehend vergisst). Der Fahrer wird dann nach dem Passieren der Eisenbahnkreuzung angehalten und gefragt, ob er in der Nähe der Eisenbahnkreuzung „**etwas unübliches**“ gesehen hatte. Als positive Antworten werden dann solche Antworten zugelassen, die offensichtlich auf das experimentelle Objekt hinweisen.

Dabei können folgende Situationen entstehen:

- a) Der Respondent kontrollierte die Eisenbahnkreuzung (das Sichtfeld oder die Lichtzeichenanlage) und bemerkte das Objekt. In diesem Sinne antwortet er auch.
- b) Der Respondent kontrollierte die Eisenbahnkreuzung (das Sichtfeld oder die Lichtzeichenanlage), aber bemerkte das Objekt nicht oder vergaß es. Dieses

Risiko wird durch eine gute Expressivität bei der Wahl des Objektes eliminiert (Porathe, Strand, 2011) [31].

- c) Der Respondent ignorierte die Eisenbahnkreuzung (das Sichtfeld oder die Lichtzeichenanlage), aber bemerkt das Objekt per Zufall. Die Expressivität des Objektes ist deshalb so gewählt worden, dass sie nicht die Aufmerksamkeit anzieht, wenn der Respondent nicht in seine Nähe sieht.
- d) Der Respondent ignorierte die Eisenbahnkreuzung (das Sichtfeld oder die Lichtzeichenanlage) und bemerkte das Objekt nicht. Er ist nicht imstande, eine positive Antwort zu geben.
- e) Der Respondent ignorierte die Eisenbahnkreuzung (das Sichtfeld oder die Lichtzeichenanlage), bemerkte das Objekt nicht, jedoch konnte er erraten, wonach er gefragt wird. Das Auftreten dieser Möglichkeit hängt von der Fähigkeit des Befragers, eine realistische Antwort von dem Respondent zu bekommen, ab.

Einen Nachteil der gewählten Vorgangsweise stellt (ähnlich wie bei anderen Experimenten außerhalb des Labors) das Risiko der Beeinflussung der Ergebnisse dar, z. B. durch eine abweichende Wetterlage oder durch andere äußere Faktoren bei der Durchführung des Experimentes ex ante und ex post. Trotz dieser Risiken liegt die Verlässlichkeit und Effektivität dieser Methode höher, als bei anderen, oben beschriebenen Methoden.

Realisierung des Experimentes

Testobjekt und seine Platzierung

Für die Durchführung des Experimentes auf den Versuchsstrecken Raggendorf und Göllersdorf ist als Testobjekt ein Plüschpapagei (bzw. zwei Papageien) mit einer Höhe von 43 cm und gelb-blauen Farbe gewählt worden. Der Papagei ist absichtlich als ein genügend auffälliges und unübliches Objekt, das das Auftreten der nicht gewünschten Möglichkeit „B“ (siehe vorige Kapitel) weitgehend reduziert, ausgesucht worden. Da Objekte, die in der beobachteten Szene unüblich sind, sind nach der Theorie der Massenperzeption (Palmer, 1975; [32], Davenport & Potter, 2004 [33]) schwieriger erkennbar, waren bei der Befragung auch unsichere Antworten zulässig, die jedoch eindeutig auf das Testobjekt hinweisen. Den Schwierigkeiten mit dem Erkennen des Objektes (Biederman, Teitelbaum & Mezzanotte, 1983 [34]) haben wir im gewissen Maße durch seine „natürliche“ Platzierung gegenwirkt – die Papageien wurden auf eine Stange gesetzt.

Für den Erfolg des Experimentes war eine richtige Platzierung der Papageien entscheidend. Bei der Eisenbahnkreuzung Raggendorf, welche eine nichttechnische Sicherung aufweist, ist es wichtig, dass der Kraftfahrer die Bahnstrecke links und rechts einsehen kann, um sich zu versichern, dass sich kein Zug nähert. Die Papageien sind also so platziert, dass sie sich in den Sichtfeldern auf beiden Seiten befinden (siehe Abbildung 24). Anders ist die Situation bei der Eisenbahnkreuzung Göllersdorf mit technischer Sicherung, wo der Kraftfahrer primär die Signale der Lichtzeichenanlage beobachten soll. Die Papageien sind hier also in die Nähe des Strassensignalstandortes der LZA platziert (siehe Abbildung 25), wobei für den Kraftfahrer immer nur der Papagei für seine aktuelle Fahrtrichtung wahrnehmbar war (der Papagei für die Gegenrichtung ist durch einen Pappendeckel verdeckt worden). Die Testobjekte waren in beiden Experimentphasen (vorher / nachher) an identischen Positionen platziert.

Der Fragebogen

Als Forschungsinstrument diente ein standardisierter Fragebogen (siehe Beilage 2). Die Fragebögen sind jeder Pilotstrecke detailliert angepasst, um die unterschiedlichen Charakteristiken beider Testeisenbahnkreuzungen festzuhalten.

Die eigentliche Zuwendung der Aufmerksamkeit des Kraftfahrers wurde auf beiden Teststrecken mittels zwei sog. offenen Fragen ermittelt. Der Kraftfahrer wurde gefragt, ob er **etwas Ungewöhnliches** bemerkt hat, bzw. was er bemerkt hat. Seine Antwort wurde vermerkt. Wenn er nicht wusste oder sich seine Antwort offensichtlich nicht an das Testobjekt bezog, wurde ihm eine zweite Frage gestellt, ob er etwas Farbliches bemerkt hat (und wieder wurde die komplette Antwort vermerkt).

In Raggendorf, wenn von der ersten oder zweiten Antwort hervorging, dass der Kraftfahrer den Papagei/die Papageien registrierte, wurde ihm eine weitere Frage gestellt, auf welcher Seite er den Papagei bemerkt hat. In Göllersdorf wurde diese Frage nicht gestellt, weil es immer nur einen Papagei (rechts) pro entsprechende Fahrtrichtung gab (bei LZA rechts der Fahrspur, siehe Abbildung 25).

Außerdem wurde in dem Fragebogen ebenfalls die genaue Zeit des Gespräches, Geschlecht des Kraftfahrers und die Zahl der mitfahrenden Personen vermerkt. Den Respondenten wurde zum Ende des Gespräches auch die Möglichkeit angeboten, sich zu der Eisenbahnkreuzung als solche zu äußern – ob sie sie als verkehrssicher wahrnehmen, eventuell welche Sicherheitsdefekte sie beanstanden können oder welchen Wunsch nach Verbesserung der Verkehrssicherheit (Maßnahmenvorschlag) die Respondenten hätten.



Abbildung 24: Das Testobjekt bei der Eisenbahnkreuzung in Raggendorf



Abbildung 25: Das Testobjekt bei der Eisenbahnkreuzung in Göllersdorf

Durchführung der Befragungen, die Zeit und Umstände

Die Erhebungen auf beiden Teststrecken in den Phasen vorher / nachher wurden unter Mitwirkung der örtlich zuständigen Verkehrspolizisten realisiert, die auf den gewählten Standorten die Kraftfahrer angehalten haben. Die eigentlichen Gespräche sind anschließend durch erfahrene Befrager des Forschungsteams CDV (keine externe Kooperation) geführt worden (siehe Abbildung 26). Auf jedem Standort befanden sich immer zwei Befrager.



Abbildung 26: Beispiel aus der Befragung in Göllersdorf

Raggendorf

In Raggendorf fanden die Erhebungen vor der Installation der Rüttelstreifen am 17. April 2015 und nach der Installation am 4. April 2016 statt (also praktisch genau nach einem Jahr). Es wurden möglichst ähnliche Bedingungen angestrebt; bei beiden Terminen handelte sich um ein Arbeitstag und die Befragungen sind in der Zeitspanne cca 9:00 – 14:00 realisiert worden. Das Wetter variierte jedoch etwas. Während in der Phase „vorher“ gab es ein „echtes Aprilwetter“ mit ständiger

Änderung – bewölkt, schwacher Regen und dann wieder Sonne, in der Phase „nachher“ herrschte ein stabiles sonniges Wetter.

Der Standort der Befragungen für die Fahrtrichtung Matzen befand sich in der Einmündung der Wirtschaftsstraße in der Nähe der Kreuzung mit der Straße Großschweinbart-Matzen, der Standort der Befragung für die Fahrtrichtung Raggendorf am Rande dieser Gemeinde. Die Entfernung beider Standorte von der Eisenbahnkreuzung betrug etwa 500 Meter.

In der Phase „vorher“ wurden insgesamt 95 Gespräche realisiert (44 Richtung Raggendorf, 51 Richtung Matzen), in der Phase „nachher“ 92 Gespräche (44 Richtung Raggendorf, 48 Richtung Matzen).

Mit der Befragung parallel lief auch eine Beobachtung der Fahrzeuge auf der Eisenbahnkreuzung mittels einer unsichtbaren Kamera, um beurteilen zu können, ob eine bessere Blickrichtung mit weiteren Aspekten des Verhaltens auf der Eisenbahnkreuzung zusammenhängt.

Göllersdorf

In Göllersdorf fanden die Erhebungen vor der Installation der Rüttelstreifen am 16. April 2015 und nach der Installation am 15. Oktober 2015 statt. Hier war die Situation komplizierter, als in Raggendorf, da sich als notwendig zeigte, die Rüttelstreifen in der Richtung Hollabrunn wegen der Beschwerden noch vor der Realisierung des Experiments ex post zu entfernen. Die Befragungen „vorher“ verliefen also in beiden Fahrrichtungen, in dem Zeitraum „nachher“ nur in der Richtung Stockerau. Auch hier handelte sich immer um ein Arbeitstag, Zeitspanne cca 9:00 – 12:00. Auch hier war das Wetter unterschiedlich. Beim Experiment ex ante gab es ein heißes sonniges Wetter, beim Experiment ex post war es bewölkt.

Der Standort der Befragungen für die Fahrtrichtung Stockerau befand sich in der Gemeinde Göllersdorf an der Kirche (siehe auch Abbildung 26 – vorige Seite) für die Fahrtrichtung Hollabrunn in der Gemeinde Großstelzendorf, in der Nähe der Baufirma (Produktion der Betonfertigteile).

In der Phase „vorher“ wurden insgesamt 112 Gespräche realisiert (51 Richtung Hollabrunn, 61 Richtung Stockerau), in der Phase „nachher“ 62 Gespräche Richtung Stockerau).

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Experimente ex ante und ex post unterscheiden sich insofern, dass man auf einen gewissen Einfluss betreffend der Zuwendung der Aufmerksamkeit des Kraftfahrers nachweislich feststellen kann. Und zwar auch dann, wenn wir eine wahrscheinliche Mitwirkung externer Faktoren, insbesondere des Wetters, in Betracht ziehen.

Raggendorf, Richtung Raggendorf

Vor der Installation der Rüttelstreifen haben den Papagei (oder beide Papageien) 10 (22,7 %) der Befragten bemerkt, wobei jeder von ihnen hat sich an dieses Objekt bereits nach der ersten Frage erinnert; die übrigen Befragten haben nicht einmal auf die Zusatzfrage positiv reagiert. 4 Befragten haben den Papagei auf den linken Seite gesehen, 4 auf der rechten Seite, nur 2 Befragten haben beide Papageien (in beiden Sichtfeldern) gesehen.

Nach der Installation der Rüttelstreifen haben den Papagei (oder beide Papageien) 27 (61,3 %) der Befragten gesehen, wobei 24 reagierten richtig bereits auf die erste Frage und 3 folgend auf die Zusatzfrage. 14 Befragten haben nur den Papagei auf der rechten Seite gesehen und 12 auf beiden Seiten. Ein Respondent könnte sich an die Seite nicht entsinnen.

Raggendorf, Richtung Matzen

Vor der Installation der Rüttelstreifen haben den Papagei (oder beide Papageien) 20 (39,2 %) der Befragten bemerkt, wobei 17 reagierten richtig bereits auf die erste Frage und 3 folgend auf die Zusatzfrage. Ein Respondent registrierte den Papagei nur auf der linken Seite, 9 Respondenten nur auf der rechten Seite, 10 Kraftfahrer haben beide Papageien in beiden Sichtfeldern gesehen.

Nach der Installation der Rüttelstreifen haben den Papagei (oder beide Papageien) nur 9 (18,8 %) der Befragten gesehen, wobei jeder von ihnen hat bereits auf die erste Frage positiv reagiert, die übrigen Befragten haben nicht einmal auf die Zusatzfrage positiv reagiert. Ein Respondent hat den Papagei nur auf der rechten Seite gesehen und 8 Respondenten haben beide Papageien auf beiden Seiten gesehen.

Göllersdorf, Richtung Stockerau

Vor der Installation der Rüttelstreifen haben den Papagei 17 (27,9 %) der Befragten gesehen. 24 von ihnen haben sich bereits nach der ersten Frage auf den Papagei erinnert, 3 erst nach der Zusatzfrage.

Nach der Installation der Rüttelstreifen haben den Papagei nur 7 (11,3 %) der Befragten bemerkt, wobei 4 haben bereits auf die erste Frage positiv reagiert und 3 auf die Zusatzfrage.

Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

An der Teststrecke Raggendorf in der Richtung 1 (Raggendorf) kam es zur Verbesserung der Blickzuwendung der Bahnstrecke (Registrierung des Testobjektes durch den Kraftfahrer) nach der Installation der Rüttelstreifen. Dieses Ergebnis ist statistisch signifikant und der Effekt bedeutet eine Verbesserung des Blickverhaltens bei bis 39 % der Kraftfahrer. In dieser Fahrtrichtung kann der Kraftfahrer die Bahnstrecke erst in der Nähe der Eisenbahnkreuzung überblicken. Aus einer größeren Entfernung (entsprechend etwa den Positionen der Baken und der installierten Rüttelstreifen) ist die Sicht auf die Bahnstrecke infolge der Führung der Straße im Einschnitt und der Bäume nicht möglich (verdeckt). In der Nähe der EK ist es dann auch möglich, das Testobjekt (Papagei) zu identifizieren.

In der Richtung 2 (Matzen) der Teststrecke Raggendorf kam es in der Phase „nachher“ zu einer wesentlichen Verschlechterung. Nach der Installation der Rüttelstreifen haben die Kraftfahrer weniger Aufmerksamkeit der Sicht auf die Bahnstrecke geschenkt (das Testobjekt nicht registriert), als vor der Installation. Dieses Ergebnis ist ebenfalls statistisch signifikant und der Effekt stellt ein Unterschied von 20 % der Kraftfahrer. Die Sichtverhältnisse sind in dieser Fahrtrichtung besser und bereits in einer größeren Entfernung vor der Eisenbahnkreuzung können die Kraftfahrer die Strecke überblicken. Es ist wahrscheinlich, dass die Rüttelstreifen die Aufmerksamkeit des Kraftfahrers auf solche Weise stimulieren, dass er das Geschehen auf der Bahnstrecke früher kontrolliert. In der größeren Entfernung vor der Eisenbahnkreuzung ist der Kraftfahrer jedoch nicht imstande, das Testobjekt zu sehen und zu erkennen. In dem Augenblick, wenn der Kraftfahrer das Verkehrszeichen „Halt, Vorrang geben“ passiert, ist er weniger motiviert, diese Handlung (sich umsehen) zu wiederholen und deshalb bemerkt das Testobjekt weniger oft.

Auf der Teststrecke Göllersdorf in der Richtung Stockerau kam es nach der Installation der Rüttelstreifen zu einer Verschlechterung der Aufmerksamkeit der

Kraftfahrer gegenüber der Lichtzeichenanlage (das Testobjekt weniger oft erkannt). Dieses Ergebnis ist statistisch signifikant und sein Effekt stellt bis zu 15 Kraftfahrer von hundert dar. Die Erhebungen könnten jedoch teilweise durch die Wetterbedingungen beeinflusst werden. In der Phase ex ante war das Wetter sonnig, jedoch in der Phase ex post war bewölkt und teilweise ein leichter Nieselregen. Dies könnte die Erkennbarkeit des Testobjektes beeinflussen. Ebenfalls hier haben die Kraftfahrer bereits in größerer Entfernung vor der Eisenbahnkreuzung die Möglichkeit, das Geschehen auf der Bahnstrecke zu beobachten. Den ungünstigen Einfluß der Rüttelstreifen kann man auf solche Weise interpretieren, daß bereits die weit entfernten Rüttelstreifen motivieren den Kraftfahrer zur Beobachtung der Bahnstrecke zum Nachteil der Beobachtung der Lichtzeichenanlage. Theoretisch ist es auch möglich, daß die Lichtzeichenanlage schon bei der Bahnstrecke mit drei Streifen (bzw. in der größeren Entfernung von der Eisenbahnkreuzung) geschaut wurde und in dieser Entfernung ist kein Papagei wahrnehmbar. Beide Möglichkeiten sind jedoch für die Verkehrssicherheit nachteilig (der Kraftfahrer muß die Lichtzeichenanlage unbedingt unmittelbar vor der Einfahrt in die gefährliche Zone der Eisenbahnkreuzung kontrollieren).

Vergleich der Kameraaufnahmen betreffs des Verhaltens der Kraftfahrer auf der Eisenbahnkreuzung

Wie bereits erwähnt, auf der Eisenbahnkreuzung Raggendorf wurde in den Phasen vorher / kurz nachher / später nachher das Verhalten der Kraftfahrer bei dem „STOP-Schild“ mittels einer Kamera beobachtet und detailliert ausgewertet (siehe die Kapitel 7.2). Die Kamera war auch während der Durchführung des psychologischen Experimentes (der Befragung) im Einsatz. Es war also möglich, auf den Aufnahmen die Mehrzahl der Kraftfahrzeuge der befragten Kraftfahrer zu identifizieren, die den Papagei bemerkt haben (nach der Farbe und Typ des Fahrzeuges und der Zeit der Durchfahrt). Es war also im gewissen Maße möglich, das Verhalten dieser Kraftfahrer mit dem Verhalten der ganzen Gruppe zu vergleichen.

In der Fahrtrichtung Raggendorf gelang es, auf den Aufnahmen vor der Installation der Rüttelstreifen neun Kraftfahrzeuge zu identifizieren, deren Kraftfahrer den Papagei registriert haben. 4 (44,4 %) dieser Respondenten haben bei der Eisenbahnkreuzung die Geschwindigkeit wesentlich reduziert und 5 (55,6 %) gänzlich angehalten. In der gesamten Gruppe der Aufnahmen an dem Tag sind 0,8 % der Kraftfahrzeuge mit unverminderter Geschwindigkeit durchgefahren, 23,1 % die

Geschwindigkeit nur gering reduziert, 47,1 % die Geschwindigkeit wesentlich reduziert und 28,9 % ganz angehalten.

Nach der Installation der Rüttelstreifen wurden 23 Fahrzeuge der Respondente erfolgreich identifiziert, die den Papagei registriert haben. Von denen haben 2 (8,7 %) die Geschwindigkeit nur gering reduziert, 15 (65,2 %) wesentlich reduziert und 6 (26,1 %) ganz angehalten (4 Fahrzeuge blieben unidentifiziert). In der gesamten Gruppe der Aufnahmen an dem Tag haben 9 % der Fahrzeuge die Geschwindigkeit nur gering reduziert, 59,6 % wesentlich reduziert und 31,6 % ganz angehalten.

Die o. g. Feststellungen sind auch in der Tabelle 7 zusammengefasst.

Tabelle 7: Vergleich des Verhaltens der Kraftfahrer, die den Papagei bemerkt haben, mit dem Verhalten der gesamten beobachteten Gruppe (Richtung Raggendorf)

	Vorher		Nachher	
	<i>Papagei bemerkt (zumind. einseitig)</i>	<i>andere</i>	<i>Papagei bemerkt (zumind. einseitig)</i>	<i>andere</i>
Ohne Temporeduktion	0	0,8%	0	0
Geringe Temporeduktion	0	23,1%	2 (8,7%)	9%
Wesentliche Temporeduktion	4 (44,4%)	47,1%	15 (65,2%)	59,6%
Gänzlich angehalten	5 (55,6%)	28,9%	6 (26,1%)	31,5%

In der Fahrtrichtung Matzen in der Phase „vorher“ zeigen die Kameraaufnahmen, dass 9 (45 %) Kraftfahrer, welche den Papagei identifiziert haben, die Geschwindigkeit nur gering reduziert haben, 8 (40 %) wesentlich reduziert und 3 (15 %) ganz angehalten. In der gesamten Gruppe der Aufnahmen an demselben Tag sind 9,8 % der Kraftfahrzeuge hier ohne Geschwindigkeitsreduktion durchgefahren, 31,8 % mit geringer Geschwindigkeitsreduktion, 42,4 % mit wesentlicher Geschwindigkeitsreduktion und 15,9 % haben ganz angehalten.

Nach der Installation sind 2 (22,2 %) Respondenten mit geringer Geschwindigkeitsreduktion die Eisenbahnkreuzung durchgefahren, 5 (55,6 %) mit wesentlicher Geschwindigkeitsreduktion und 2 (22,2 %) gänzlich angehalten. In der gesamten Gruppe der Aufnahmen an demselben Tag sind 6,3 % der Kraftfahrzeuge hier ohne Geschwindigkeitsreduktion durchgefahren, 24,1 % mit geringer

Geschwindigkeitsreduktion, 57 % mit wesentlicher Geschwindigkeitsreduktion und 12,7 % haben ganz angehalten.

Die o. g. Feststellungen sind auch in der Tabelle 8 zusammengefasst.

Tabelle 8: Vergleich des Verhaltens der Kraftfahrer, die den Papagei bemerkt haben, mit dem Verhalten der gesamten beobachteten Gruppe (Richtung Matzen)

	Vorher		Nachher	
	<i>Papagei bemerkt (zumind. einseitig)</i>	<i>andere</i>	<i>Papagei bemerkt (zumind. einseitig)</i>	<i>andere</i>
Ohne Temporeduktion	0	9,8%	0	6,3%
Geringe Temporeduktion	9 (45%)	31,8%	2 (22,2%)	24,1%
Wesentliche Temporeduktion	8 (40%)	42,4%	5 (55,6%)	57%
Gänzlich angehalten	3 (15%)	15,9%	2 (22,2%)	12,7%

Im Vergleich mit den gesamten Zahlen heißen die Ergebnisse also, dass es zwischen den Respondenten, die den Papagei identifiziert haben, keinen einzigen Kraftfahrer gab, der die Eisenbahnkreuzung ohne Geschwindigkeitsreduzierung passiert hätte, unabhängig von der Fahrtrichtung und der Tatsache, ob die Rüttelstreifen installiert worden sind oder nicht. Sonst scheinen die Unterschiede nicht sehr bedeutsam zu sein.

Weitere Erkenntnisse

Außer der Information betreffs der Zuwendung der Aufmerksamkeit des Kraftfahrers haben die Befragungen weitere interessante Informationen und Erkenntnisse gebracht. Interessant sind vor allem die Meinungen und Äußerungen der Kraftfahrer zum Thema der Verkehrssicherheit auf der analysierten Eisenbahnkreuzung, aber auch auf Eisenbahnkreuzungen im Allgemeinen. In der Phase „nach der Installation der Rüttelstreifen“ sind auch aufschlussreiche Aussagen speziell zu den Rüttelstreifen getätigt worden. Ein Teil der Respondenten äußerte sich zu der inzwischen durchgeführter Maßnahme ganz spontan und aktiv.

Die Angaben betreffs des Geschlechtes des Kraftfahrers und der Zahl der mitfahrenden Personen haben keine Gesetzmäßigkeiten gezeigt, die für das Projektziel relevant sind.

Raggendorf

Auf dieser Eisenbahnkreuzung haben in der Phase vor der Installation der Rüttelstreifen 33,7 % der Respondenten gemeint, die Eisenbahnkreuzung sei nicht verkehrssicher. In der Phase nach der Installation der Rüttelstreifen ist diese Zahl auf 23,3 % gesunken. Die häufigste Beanstandung traf die Sichtverhältnisse (vorher 19,6 % der Respondenten, nachher 15,6 % der Respondenten). Einige Befragten gaben an, die Eisenbahnkreuzung ist im Gelände wenig auffällig (vorher 4,3 %, nachher 1,1 %), und „es wird zu schnell gefahren“ (vorher 2,2 %, nachher 1,1 %).

Von anderen Bemerkungen in der Phase vor der Installation (außer der Empfehlung, die Sichtverhältnisse zu verbessern) äußerten die Respondenten die Wünsche, hier die Lichtzeichenanlage zu haben (5), Lichtzeichenanlage mit Schranke (4), Fahrbahnlichter (4) und dass die Züge mehr intensiv die Pfeifsignale abgeben (3). Nach der Installation nahmen die Bemerkungen ab (Lichtzeichenanlage (2), Lichtzeichenanlage mit Schranke (3), ein Spiegel für die Verbesserung der Sicht) und die Respondenten haben eher Kommentare zu den Rüttelstreifen gegeben (im Allgemeinen sehr positive Einstellungen – es gab praktisch keine einzige schlechte Wertung oder Meinung, dass es sich um eine überflüssige Maßnahme handele).

Beispiele der Kommentare der Befragten zu den Rüttelstreifen

- „Die Rüttelstreifen sind vorzüglich, insbesondere in der Richtung Matzen-Raggendorf, wo die Sicht auf die Strecke schlecht ist“.
- „Ich halte diese Eisenbahnkreuzung für verkehrssicher. Auch dank den Rüttelstreifen“.
- „Die Rüttelstreifen sind gut, man spürt es und wird wachsender“.
- „Die Rüttelstreifen sind ein guter Muntermacher“.
- „Die Rüttelstreifen machen die Leute aufmerksam“.
- „Die Rüttelstreifen sind geeignet für die Leute, die weniger denken“.
- „Die Rüttelstreifen können die müden Kraftfahrer ein bisschen wecken“.
- „Die Rüttelstreifen sind nicht schlecht, wahrscheinlich wecken die Leute, jedoch ich brauche sie nicht, da ich die Situation kenne“.
- „Die weißen Striche sind sicher gut, man wird aufmerksam“ (*ein Mann, der hier bereits 40 Jahre zu Hause ist und kennt die Situation vertraulich!*)
- „Die Rüttelstreifen sind gut, wenn jemand schläft“.
- „Wenn ich mit einem PKW fahre, die Rüttelstreifen vibrieren schön“.

Göllersdorf

Die Eisenbahnkreuzung in Göllersdorf war seitens der Respondenten höher gewertet. Vor der Installation der Rüttelstreifen haben sie 93,6 % der Befragten für verkehrssicher und 4,6 % für nicht verkehrssicher gehalten. Nach der Installation der Rüttelstreifen haben 90,3 % der Befragten gemeint, die Eisenbahnkreuzung sei verkehrssicher und andere konnten nicht die Antwort geben. Dass die Eisenbahnkreuzung im Gelände schlecht auffällt, hat ein einziger Respondent (in der Phase „vorher“) beanstandet und nicht gute Sehbarkeit der Warnleuchten erwähnte ein Respondent vorher und ein Respondent nachher. Es gab nur wenige weitere Kommentare; ein Respondent gibt an, dass es hier in den letzten 37 Jahren kein Problem gab, ein weiterer konnte sich an ältere Unfälle erinnern (erster Unfall im Jahre 1930). Ein Respondent hat die kurze Zeit zwischen dem Schrankenschließen und der Zugfahrt kritisiert.

Die Kommentare der Befragten zu den Rüttelstreifen schneiden in Göllersdorf wesentlich ungünstiger ab, als in Raggendorf. Die Meinungen sind trotz einiger positiver Einstellungen im allgemeinen eher negativ, einschließlich der Meinungen, die **ganz abneigend** sind. Interessant ist es auch, dass die Leute ganz aufmerksam die Tatsache wahrnehmen, dass die Rüttelstreifen nur in einer Fahrtrichtung installiert sind (in der anderen Richtung mussten sie nach den Beschwerden abgefräst werden), was ihnen unlogisch vorkommt. Auch dieser Faktor kann sich in der Akzeptanz der Rüttelstreifen durch die Öffentlichkeit und ihrer Wirkung ausdrücken.

Beispiele der Kommentare der Befragten zu den Rüttelstreifen

- „Schikanen – furchtbar!“
- „Diese dummen Streifen gehen auf die Nerven (und warum nur eine Fahrtrichtung??)“
- „Rüttelstreifen – warum sind in der anderen Richtung entfernt worden?“
- „Rüttelstreifen sind gut, ich habe etwas Fuß vom Gas gegeben“
- „Rüttelstreifen sind gut“
- „Warum sind die Rüttelstreifen nur in einer Richtung?“

7.5 Lärmmessungen

Nach dem Projektplan sind auf beiden Teststrecken (Göllersdorf, Raggendorf) Lärmmessungen durchgeführt worden. Ziel der Messungen war es, zu ermitteln, welche Lärmbelastigung die Installation der Rüttelstreifen für die Anrainer hervorrufen kann. Dieser Aspekt scheint als wichtig insbesondere im Falle der Anwendung der Rüttelstreifen in bebauten Gebieten bzw. in ihrer unmittelbaren Nähe. Es ist nützlich, die Einstellungen der Bevölkerung abzuschätzen, ob z. B. Risiken von Beschwerden auf einen erhöhten Lärmpegel entstehen können. Weitere Aufgabe war es, Empfehlungen zu formulieren, welches Vorgehen zu wählen, sollte eine Installation im Wirkungsbereich der sog. geschützten Objekte (also Objekte, die zum Wohnen bestimmt sind) beabsichtigt werden.

Termine der Messungen

Die Messungen fanden in zwei Wellen nach dem Schema vorher / nachher statt (beide Teststellen in beiden Fahrtrichtungen). Eine Messung „später nachher“ wurde bei diesem Typ der Ermittlungen nicht realisiert, da es nicht als zweckmäßig angenommen wurde (eine relevante bzw. messbare Änderung von Lärmcharakteristiken der Rüttelstreifen im Betrieb ist nicht zu erwarten). Dagegen bei z. B. Geschwindigkeitsmessungen sind die wiederholten Messungen nach gewisser Zeit zweckmäßig, da hier auch psychologische Einflüsse (wie z. B. Gewöhnungseffekt) zur Wirkung kommen können.

Raggendorf

Vorher: 15. April 2015
Nachher: 23. Juni 2015

Göllersdorf

Vorher: 15. April 2015
Nachher: 23. Juni 2015

Angewandte Meßmethoden

Die Lärmmessungen (bzw. terminologisch genau „Messungen des Schalldrucks“) fanden wie durch die statische, als auch dynamische Methode statt. Als eine methodische Unterlage kamen folgende Normen und technische Vorschriften zur Anwendung:

- ISO 11819-1:1997 Acoustics - Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise - Part 1: Statistical Pass-By method
- ISO/CD 11819-2 Acoustics - Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise - Part 2
- ISO/TS 11819-3, Acoustics – Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise – Part 3: Reference Tyres.
- ASTM F2493-08 Standard Specification for P225/60R16 97S Radial Standard Reference Test Tire.
- KŘIVÁNEK, V., et. al. Zertifiziertes Handbuch für die Messungen mit der statischen Methode bei der Durchfahrt und mit der Methode des kleinen Abstandes. Zertifizierungsnummer: 35/2012-520-TPV/1, Brno, April 2012
- KŘIVÁNEK, V., et. al. Zertifiziertes Handbuch für die Messungen und Beurteilung der Straßen aus der Sicht der Lärmbelastung, 55 S., Zertifizierungsnummer des Verkehrsministeriums: 104/2014-710-VV/1 vom 15. Dezember 2014, ISBN 978-80-86502-82-3.
- Die Norm ČSN ISO 1996-1 Die Akustik, Beschreibung und Messung des Lärmes der Umwelt, Teil 1: Die Basisgrößen und Verfahren.
- Die Norm ČSN ISO 1996-2 Die Akustik, Beschreibung und Messung des Lärmes der Umwelt, Teil 2: Gewinnung der Daten für die Flächenwidmungsplanung.

Dynamische Meßmethode

Als entscheidendes Verfahren wurde die europäisch anerkannte Methode CPX (Close ProXimity – Methode des geringen Abstandes) gewählt. Diese Art der Messung basiert auf der Beurteilung des Lärmes auf der Kontaktfläche des Reifens mit der Fahrbahnoberfläche (siehe folgende Abbildungen 27-29), die die dominante Lärmkomponente darstellt. Dieses Verfahren ermöglicht die Messungen innerhalb Straßenabschnitte großer Länge, ist unabhängig von der Zusammensetzung des Verkehrsstromes und stellt im Vergleich mit den statischen Methoden nur geringe Ansprüche auf die Lärmcharakteristiken der Umgebung der gemessenen Straße. Dieses Verfahren eignet sich auch zur akustischen Beurteilung der Fahrbahn kurz nach ihrer Inbetriebnahme.



Abbildung 27: Messfahrzeug für die dynamische Messung in Göllersdorf



Abbildung 28: Messfahrzeug bei der Überfahrt der Rüttelstreifen



Abbildung 29: Messfahrzeug – Details der Meßtechnik (Meßmikrophone und Datenspeicherung)

Die Messungen sind auf beiden Teststrecken in beiden Fahrtrichtungen mit Referenzgeschwindigkeiten von 50 und 80 km/h durchgeführt worden. Zur Auswertung wurden 10 ungestörten Durchfahrten eines zertifizierten Messfahrzeuges (CDV) genutzt worden. In der Messphasen vor und nach der Installation der Rüttelstreifen wurde mit dem identischen Fahrzeug mit identischer Besatzung gearbeitet.

Ergebnisse der Messungen

Die folgenden Abbildungen 30-33 präsentieren mit Hilfe der Methode CPX die entscheidenden Ergebnisse des Verlaufes der Änderung des äquivalenten Schalldruckpegels, und zwar für die entsprechende Geschwindigkeit und Temperatur der Fahrbahn. In entsprechenden Diagrammen kann man für jede Seite der Eisenbahnkreuzung wahrnehmbare Unterschiede (die Spitzenwerte) des äquivalenten Schalldruckpegels (Werte der fünf Mikrophone) bei der Überfahrt der Rüttelstreifen beobachten. In der Mitte wird die Durchfahrtsgeschwindigkeit (Messgeschwindigkeit) und in dem unteren Teil die Luft- und Fahrbahntemperatur dargestellt.

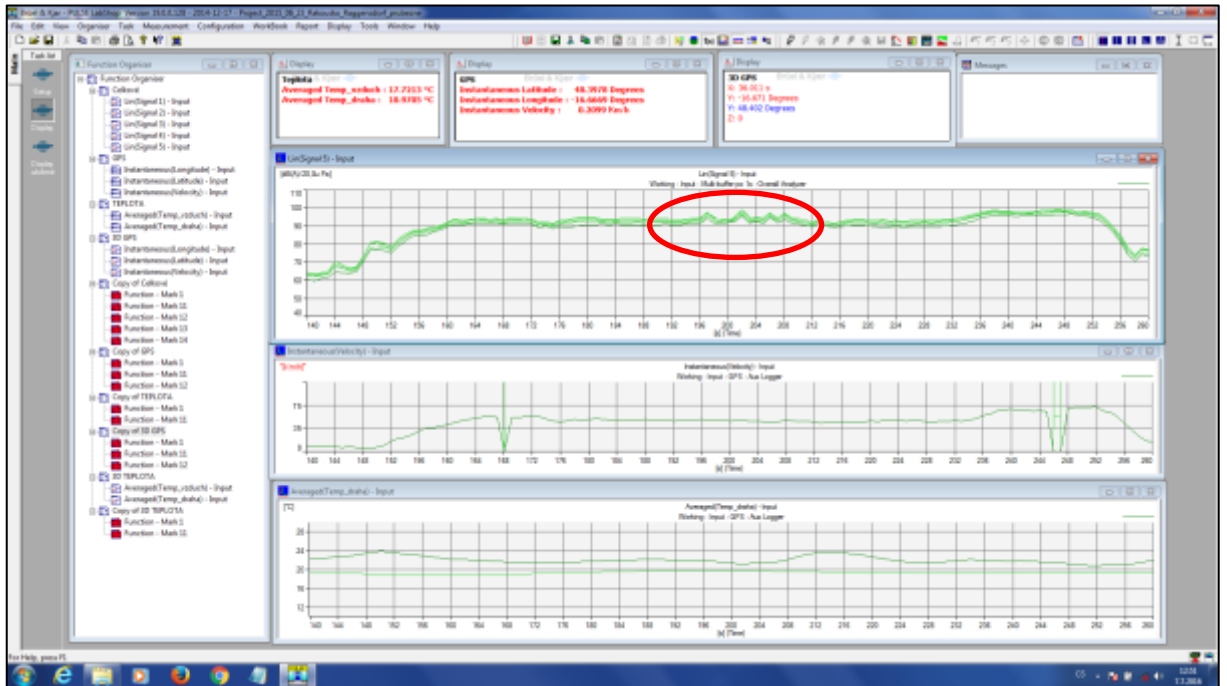


Abbildung 30: Messergebnisse – Raggendorf, Richtung Matzen

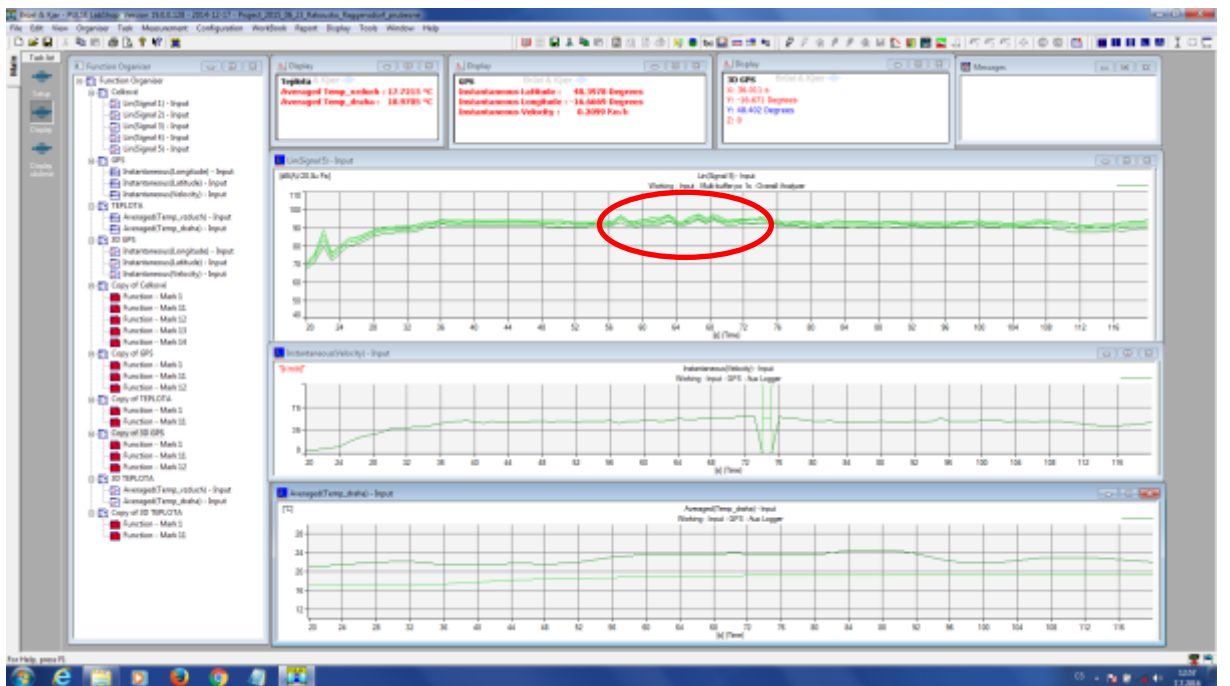


Abbildung 31: Messergebnisse – Raggendorf, Richtung Raggendorf

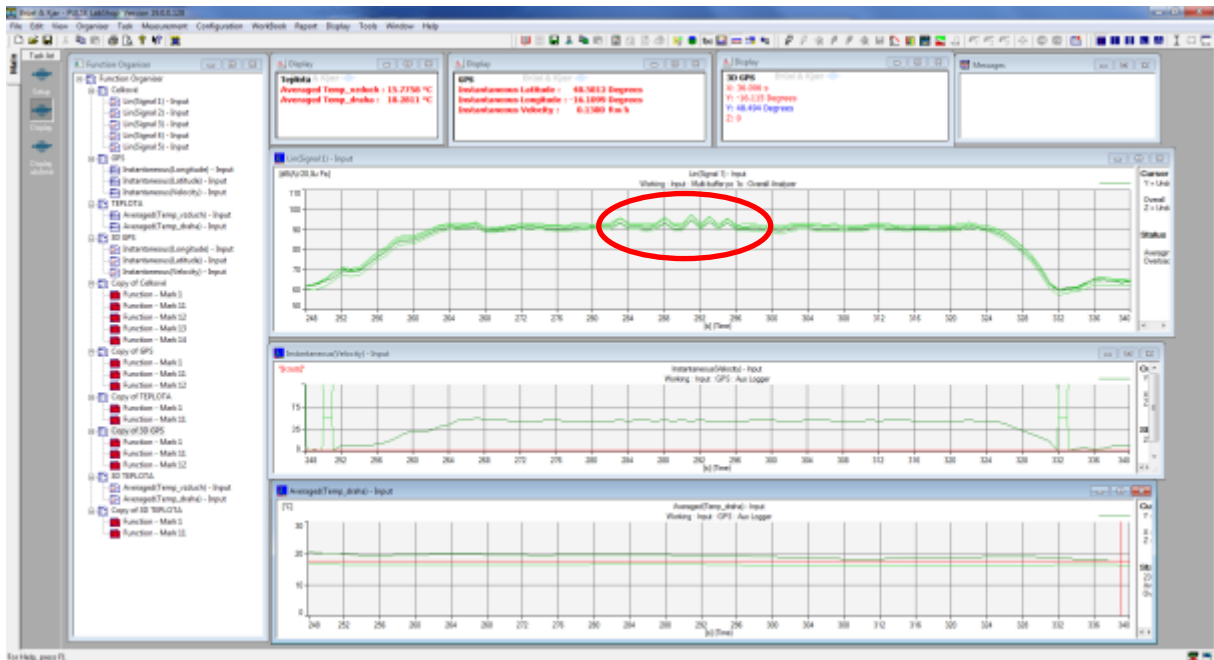


Abbildung 32: Messergebnisse – Göllersdorf, Richtung Göllersdorf (Stockerau)

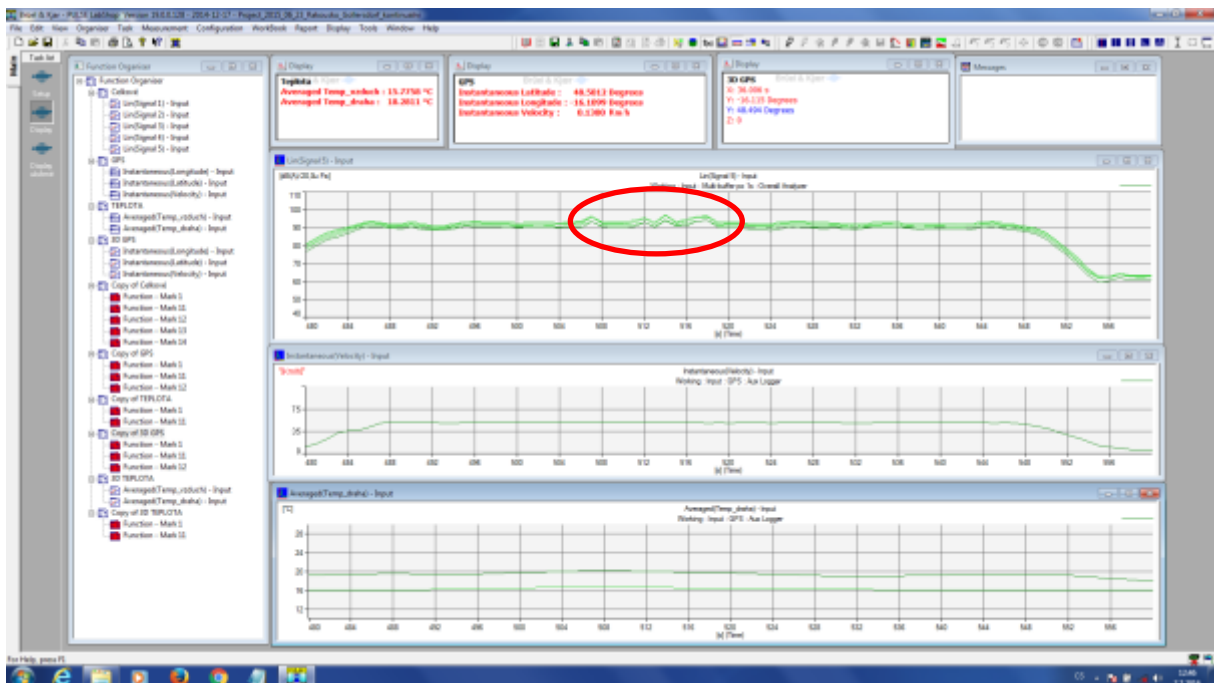


Abbildung 33: Messergebnisse – Göllersdorf, Richtung Großstelzendorf (Hollabrunn)

Aus den Ergebnissen der Messungen anhand der Durchfahrt der Straße (Methode nach ISO 11819-2) kann man eine deutliche Erhöhung des Schallpegels auf den Positionen der installierten Rüttelstreifen entnehmen. Es kommt zu einer Erhöhung des äquivalenten Schalldrucks bis um 6 dB(A), siehe die Abbildungen 30-33 oben.

Statische Meßmethode

Dieses Verfahren stellt eine Zusatz- und Kontrollmessung dar. Bei den Messungen nach der Methode SPB ist das Mikrofon in der Entfernung 1 m von dem Fahrbahnrand, in der Höhe von 1,2 m und in der Mittelachse des Rüttelstreifenblocks untergebracht worden. Auf jeder Teststrecke wurde immer auf der Position der Bahnake mit drei Streifen gemessen (siehe die Abbildung 34).

Nach der statischen Messung erhöhen die Rüttelstreifen den äquivalenten Schalldruckpegel **um 6 dB(A)**, wobei der Spitzenwert um cca 10 dB(A) höher liegt. In dem Frequenzspektrum der Terzbänder handelt es sich um eine erhebliche Erhöhung im Bereich 40 – 2500 Hz.

Die statische Meßmethode stellt vergleichbare Ergebnisse wie die dynamische Methode fest und bestätigt also die Richtigkeit der beiden, auf unterschiedlicher Weise gemessenen Werte.



Abbildung 34: Anordnung der Anlage der Messung mit statischer Methode

Schlussfolgerungen

Aus der Sicht der Akustik kann man eine wesentliche Beeinträchtigung des akustischen Komforts der Bevölkerung annehmen, sollten die Rüttelstreifen in der Nähe der Wohnobjekte installiert werden. Es ist jedoch sehr wichtig zu bemerken, dass dies nicht unbedingt auch eine Überschreitung bzw. Verletzung von gültigen lärmrelevanten Vorschriften bedeuten muss.

Eine Erhöhung des äquivalenten Schalldruckpegels um 6 dB(A) kann man z. B. mit folgenden Situationen auf der bewerteten Stelle vergleichen:

- Eine viermalige Erhöhung der Verkehrsstärke (d. h. statt 10 ts. Fahrzeuge 40 ts. Fahrzeuge).
- Erhöhung der Geschwindigkeit des Verkehrsstromes um cca 60 km/h (z. B. von 50 km/h auf 110 km/h).
- Unterschied zwischen einer speziellen lärmarmen Straßendecke (im Neuzustand) und einer üblichen Straßendecke (z. B. SMA 11) bei einer Geschwindigkeit von mindestens 50 km/h.
- Unterschied zwischen einer üblichen Straßendecke (z. B. SMA 11) und einer Pflasterdecke (die sog. Katzenköpfe) bei einer Geschwindigkeit von mindestens 50 km/h.

Internationale Erfahrungen

Zu ähnlichen Werten betreffs der Erhöhung des äquivalenten Schalldruckpegels, also um 6 bis 7 dB(A), kam auch das Forschungsprojekt „Estimation of increases in noise levels due to installation of transverse rumble strips on urban roads“ [19]. Die Ergebnisse wurden im Jahre 2014 in der Zeitschrift Applied Acoustics veröffentlicht (Pimentel, R. L., de Melo, R. A., Rolim, I. A.). Die Autoren haben eine Erhöhung des Schalldruckpegels auf konstruktiv ähnlichen Querstreifen gemessen und anschließend auch modelliert. Diese Fakten unterstützen auch die Richtigkeit der im Rahmen von RÜTTLEX ermittelten Werte.

Die Beschwerden auf die Lärmentwicklung und die Empfehlungen

Kurz nach der Installation der Rüttelstreifen auf der Teststrecke Göllersdorf (innerhalb einiger Tage) wurde eine Beschwerde betreffs der Lärmbelästigung seitens der Anwohner erhoben. Die Belästigung wurde als störend, insbesondere in der Nacht, empfunden und eine Schlafstörung beanstandet. Der Bürgermeister der Gemeinde Göllersdorf kontaktierte den zuständigen Straßenverwalter mit der Bitte, die Lärmquelle (d. h. Rüttelstreifen) möglichst bald zu entfernen. Diese Anforderung

wurde akzeptiert und die Rüttelstreifen auf der Seite der Gemeinde Göllersdorf am 8. Juli 2015 abgefräst. Die Rüttelstreifen auf der Seite der Gemeinde Großstelzendorf (für die andere Fahrtrichtung) konnten beibehalten werden (ihre Entfernung von Wohnobjekten ist größer und waren nicht der Gegenstand der Beschwerde). Mit dem Risiko der Beschwerden seitens der Bewohner ist in dem Projektentwurf von Anfang an gerechnet worden. Dies ist eigentlich der Grund, warum auch die Lärmmessungen über den definierten Anfangsrahmen des Projektes eingereicht worden sind.

Auch von internationalen Erfahrungen, die z. B. im australischen Compendium [1] präsentiert werden, geht hervor, dass die Maßnahmen wie Rüttelstreifen innerorts Probleme mit der Lärmentwicklung mit sich bringen können. Die Zunahme des Schalldrucks findet bei Frequenzen statt, die unangenehmes Empfinden bei Personen hervorrufen können. Diese Annahme wird auch durch das Handbuch „Traffic Engineering Manual Volume 1, Chapter 11: Railway Level Crossings“ [16] bestätigt.

Betreffs der Verkehrssicherheit stellt die Lärmentwicklung durch die Rüttelstreifen einen wichtigen Vorteil dar, da die Aufmerksamkeit des Kraftfahrers auch akustisch stimuliert wird und die Wahrnehmung der bevorstehenden Gefahrenstelle unterstützt. Aus der Sicht des akustischen Komforts der Bewohner kann man jedoch die Rüttelstreifen aufgrund der markanten akustischen Spur nur außerhalb bebauter Wohngebiete empfehlen. Im Falle einer Nachfrage, die Rüttelstreifen auch innerorts anzuwenden, soll die Entfernung der nächsten sog. geschützten Objekte den Wert von 150 m nicht unterschreiten.

8. Zusammenfassung der Ergebnisse einzelner Teststrecken

Um eine anschauliche Übersicht der Ergebnisse auf einzelnen Teststrecken zu bekommen, wird in diesem Kapitel eine Kurzfassung der Daten für die einzelnen Teststrecken zusammengestellt.

Die Ergebnisse sind tabellarisch dargestellt, die Bezeichnungen in den Tabellenköpfen entspricht den früher definierten Begriffen (z. B. „sicheres Verhalten“ heißt, dass der Kraftfahrer bei dem STOP-Schild angehalten oder beinahe angehalten hat, die Symbole III, II, I stehen für die Messprofile bei den Bahnbacken mit drei, zwei und einem Streifen, usw.). Für die Teststrecke Göllersdorf, Fahrtrichtung Hollabrunn, ist die Darstellung kürzer, da die Rüttelstreifen hier bald nach der Installation aufgrund von Anrainerbeschwerden entfernt werden mussten, was nur die Realisierung der Geschwindigkeitsmessungen „kurz nachher“ ermöglicht hat.

Die Kommentare zu den einzelnen Daten sind hier auch kurz gehalten für eine allgemeine Übersicht. Die detaillierten Ausführungen sind in der Kapitel 7 zu finden.

8.1 Raggendorf

Richtung Matzen

Verhalten bei dem STOP-Schild und die Aufmerksamkeit

Testphase	Unsicheres Verhalten	Sicheres Verhalten	Papagei bemerkt (zumindest einseitig)
<i>vorher</i>	45,7 %	54,3 %	39,2 % (20 von 51)
<i>kurz nachher</i>	37,3 %	62,7 %	18,8 % (9 von 48)
<i>später nachher</i>	37,0 %	63,0 %	

Geschwindigkeit V_{85}

Testphase	Bahnbacke III	Bahnbacke II	Bahnbacke I
<i>vorher</i>	94,0 km/h	89,0 km/h	81,0 km/h
<i>kurz nachher</i>	89,0 km/h	83,0 km/h	69,0 km/h
<i>später nachher</i>	90,0 km/h	85,0 km/h	71,0 km/h

Geschwindigkeit V_0

Testphase	Bahnake III	Bahnake II	Bahnake I
<i>vorher</i>	74,6 km/h	68,7 km/h	62,1 km/h
<i>kurz nachher</i>	71,3 km/h	66,6 km/h	55,5 km/h
<i>später nachher</i>	71,3 km/h	68,0 km/h	56,5 km/h

Überschreiter des Limits von 100 km/h

Testphase	Bahnake III	Bahnake II	Bahnake I
<i>vorher</i>	9,23 %	4,20 %	1,18 %
<i>kurz nachher</i>	4,33 %	1,31 %	0,28 %
<i>später nachher</i>	5,25 %	2,51 %	0,31 %

Kommentar

Nach der Installation der Rüttelstreifen ist die Zahl der KraftfahrerInnen, deren Verhalten bei dem STOP-Schild als sicherer bezeichnet werden kann, merkbar angestiegen. Der Anstieg ist jedoch weniger intensiv, als in der anderen Fahrtrichtung (hier um 8 %, in der Gegenrichtung um etwa 18 %). Dieser Effekt konnte bei der wiederholten Erhebung nach einem Jahr bestätigt werden – also eine gute Stabilität der Wirkung der Maßnahme in der Zeit.

Der Papagei wurde in der Phase „nachher“ weniger oft wahrgenommen, jedoch mit einer einzigen Ausnahme haben alle Personen mit positiver Antwort beide Papageien in beiden Sichtfeldern bemerkt (wahrscheinlicher Zusammenhang mit der Beobachtung der Eisenbahnstrecke durch die KraftfahrerInnen aus einer größeren Entfernung vor der Eisenbahnkreuzung, nach deren „Wecken“ durch die erste Gruppe von Rüttelstreifen).

Die Fahrgeschwindigkeiten sind ganz wesentlich nach der Installation der Rüttelstreifen reduziert worden (um 5-12 km/h). Für eine relativ einfache und kostengünstige Maßnahme auf der Basis der Bodenmarkierung ein überraschendes Ergebnis. Niedrigere Fahrgeschwindigkeiten fördern auch die Bereitschaft der KraftfahrerInnen, bei der STOP-Tafel die Geschwindigkeit wesentlich zu reduzieren. Dieses Verhalten wurde vor Anbringung der Maßnahme bei 42,2 % KraftfahrerInnen festgestellt und bei 54,1 % danach.

Richtung Raggendorf

Verhalten bei dem STOP-Schild und die Aufmerksamkeit

Testphase	Unsicheres Verhalten	Sicheres Verhalten	Papagei bemerkt (zumindest einseitig)
<i>vorher</i>	30,5 %	69,4 %	22,7 % (10 von 44)
<i>kurz nachher</i>	13,9 %	86,1 %	61,4 % (27 von 44)
<i>später nachher</i>	11,2 %	88,8 %	

Geschwindigkeit V_{85}

Testphase	Bahnbaue III	Bahnbaue II	Bahnbaue I
<i>vorher</i>	83,0 km/h	82,0 km/h	68,0 km/h
<i>kurz nachher</i>	85,0 km/h	81,0 km/h	68,0 km/h
<i>später nachher</i>	78,0 km/h	78,0 km/h	65,0 km/h

Geschwindigkeit V_o

Testphase	Bahnbaue III	Bahnbaue II	Bahnbaue I
<i>vorher</i>	62,6 km/h	59,8 km/h	54,8 km/h
<i>kurz nachher</i>	64,4 km/h	60,3 km/h	54,9 km/h
<i>später nachher</i>	57,6 km/h	57,2 km/h	53,2 km/h

Überschreiter des Limits von 100 km/h

Testphase	Bahnbaue III	Bahnbaue II	Bahnbaue I
<i>vorher</i>	1,75 %	1,27 %	0,03 %
<i>kurz nachher</i>	2,71 %	1,28 %	0,01 %
<i>später nachher</i>	1,03 %	0,98 %	0,02 %

Kommentar

Den größten Sicherheitsgewinn dieser Teststrecke stellt der wesentliche Anstieg des Anteiles der KraftfahrerInnen, die nach der Installation der Rüttelstreifen bei der STOP-Tafel angehalten bzw. beinahe angehalten haben, dar. Das sog. unsichere Verhalten konnte von 30 % bis auf 11 % reduziert werden und der Effekt scheint im

Laufe der Zeit stabil zu sein. Auch die Wahrnehmung der Papageien ist in der Phase „nachher“ wesentlich angestiegen – die KraftfahrerInnen haben ihre Blickzuwendungen in die gewünschte Richtung mehr zugewandt.

Im Allgemeinen weisen alle Parameter dieser Teststrecke eine Tendenz zur Verbesserung auf, was theoretisch auf „ein Lerneffekt“ hinweisen kann. Trotz der überwiegend eindeutig guten Ergebnisse sollte jedoch es erwähnt werden, dass die Abnahme der Fahrgeschwindigkeiten in der Phase „später nachher“ eher auf teilweise Verschlechterung des Fahrbahnzustandes zu beziehen ist, da kurz nach der Installation der Rüttelstreifen kein relevanter Einfluss auf die Fahrgeschwindigkeit festzustellen war. In der anderen Fahrtrichtung, wo ein perfekter Fahrbahnzustand besteht, bewirken die Rüttelstreifen unmittelbare und in der Zeit stabile Geschwindigkeitsreduzierung.

8.2 Göllersdorf

Richtung Stockerau (Göllersdorf)

Verhalten und Aufmerksamkeit

Testphase	Unsicheres Verhalten	Sicheres Verhalten	Papagei bemerkt
<i>vorher</i>			27,9 % (17 von 61)
<i>kurz nachher</i>			11,2 % (7 von 62)
<i>später nachher</i>			

Geschwindigkeit V_{85}

Testphase	Bahnake III	Bahnake II	Bahnake I
<i>vorher</i>	81,0 km/h	86,0 km/h	83,0 km/h
<i>kurz nachher</i>	80,0 km/h	83,0 km/h	76,0 km/h
<i>später nachher</i>	87,0 km/h	87,0 km/h	90,0 km/h

Geschwindigkeit V_0

Testphase	Bahnake III	Bahnake II	Bahnake I
<i>vorher</i>	63,9 km/h	66,7 km/h	60,8 km/h
<i>kurz nachher</i>	65,8 km/h	67,3 km/h	59,9 km/h
<i>später nachher</i>	70,2 km/h	70,9 km/h	68,6 km/h

Überschreiter des Limits von 100 km/h

Testphase	Bahnake III	Bahnake II	Bahnake I
<i>vorher</i>	1,16 %	2,46 %	2,94 %
<i>kurz nachher</i>	1,64 %	2,49 %	1,14 %
<i>später nachher</i>	3,28 %	3,78 %	5,95 %

Kommentar

Die Ergebnisse dieser Teststrecke weisen im Allgemeinen eher unvorteilhafte Tendenzen auf. In der Phase „kurz nachher“ kann man zwar eine hoffnungsvolle Reduzierung der Fahrgeschwindigkeiten feststellen - die V_{85} sinkt bei der Bahnake III um 1 km/h, bei der Bahnake II um 3 km/h und bei der Bahnake III sogar um 7 km/h (von 83 km/h auf 76 km/h). Dieser Effekt hat nach einem Jahr (Phase später nachher) jedoch nicht nur aufgehört, sondern die Geschwindigkeitscharakteristiken sind merkbar angestiegen und es wird um bis 7 km/h schneller gefahren, als in der Phase „vorher“. Auch der Anteil der Kraftfahrer, die den Papagei wahrgenommen haben, ist gesunken (von 28 auf 11 %). Es kann also auch nicht eine bessere Wahrnehmung der Lichtzeichenanlage festgestellt werden.

Richtung Hollabrunn (Großstelzendorf)

Die Daten sind im Vergleich mit anderen Teststrecken bescheiden, da infolge der notwendigen Abfräsung der Rüttelstreifen kurz nach der Installation nur ein Vergleich der Geschwindigkeitsparameter von den Phasen „vorher“ und „kurz nachher“ realisiert werden konnte. Der Komplexität halber und für den möglichen Vergleich mit der anderen Fahrtrichtung sind die Ergebnisse der Geschwindigkeitsmessungen hier auch präsentiert. Die Zahlen der aufgenommenen Fahrzeuge sind hoch (insgesamt etwa 40 000 Messungen), also die Erhebung als solche kann als sehr objektiv angesehen werden.

Geschwindigkeit V_{85}

Testphase	Bahnake III	Bahnake II	Bahnake I
<i>vorher</i>	101,0 km/h	101,0 km/h	93,0 km/h
<i>kurz nachher</i>	100,0 km/h	96,0 km/h	91,0 km/h
<i>später nachher</i>	nicht realisiert	nicht realisiert	nicht realisiert

Geschwindigkeit V_o

Testphase	Bahnake III	Bahnake II	Bahnake I
<i>vorher</i>	81,3 km/h	80,2 km/h	71,9 km/h
<i>kurz nachher</i>	82,6 km/h	78,2 km/h	71,6 km/h
<i>später nachher</i>	nicht realisiert	nicht realisiert	nicht realisiert

Überschreiter des Limits von 100 km/h

Testphase	Bahnake III	Bahnake II	Bahnake I
<i>vorher</i>	16,48 %	16,50 %	8,80 %
<i>kurz nachher</i>	15,85 %	10,94 %	7,01 %
<i>später nachher</i>	nicht realisiert	nicht realisiert	nicht realisiert

Kommentar

Auf dieser Teststrecke lassen sich teilweise positive Tendenzen verfolgen, insbesondere die Reduzierung der V_{85} im Messprofil der Bahnake II um 5 km/h (von 101 auf 96 km/h) und der Bahnake I um 2 km/h (von 93 auf 91 km/h). Wegen fehlender Evaluierung mit anderen Methoden und insbesondere der fehlenden Geschwindigkeitsmessungen in der Phase „später nachher“ (die Rüttelstreifen mußten entfernen werden) ist es jedoch schwierig, nähere Aussagen über weitere Entwicklung der Wirkung zu formulieren. Es fehlt die wichtige Information, ob auch auf dieser Teststrecke (ähnlich wie in der Gegenrichtung) nach einem Jahr zur einer allgemeinen Erhöhung der Geschwindigkeitscharakteristiken kommt oder der Effekt der Geschwindigkeitsreduzierung auch nach längerer Zeit bestehen bleibt.

Zusammenfassung

Die Eisenbahnkreuzung Raggendorf mit nichttechnischer Sicherung weist im Allgemeinen bessere Ergebnisse und Betriebserfahrungen auf, als die Eisenbahnkreuzung Göllersdorf, welche technisch mit Halbschranken und Lichtzeichen gesichert ist. Dies könnte sich auf eine Reihe von Faktoren beziehen. Eine beträchtliche Rolle spielt offensichtlich auch der psychologische Gesichtspunkt – das Gefühl der KraftfahrerInnen, dass die Eisenbahnkreuzung in Göllersdorf heute einen hohen Standard der Sicherung bietet, weshalb weitere Maßnahmen eher störend oder überflüssig empfunden werden.

Sehr relevant für die Entwicklung der Geschwindigkeitsparameter kann auch die unterschiedliche rechtliche Situation sein – in Raggendorf ist der Kraftfahrer aufgefordert, die Geschwindigkeit in der Annäherungstrecke zur Eisenbahnkreuzung so herabzusetzen, dass er bei dem STOP-Schild verlässlich anhalten kann. Die Rüttelstreifen „helfen“ dem Kraftfahrer bei der Anpassung der Geschwindigkeit. Dagegen besteht in Göllersdorf keine explizite rechtliche Pflicht, die Geschwindigkeit zu reduzieren (außer der Situation, wenn die Sicherungsanlage geschlossen ist) oder das Verständnis, die spezielle Aufmerksamkeit der Eisenbahnstrecke zu widmen.

9. Empfehlungen für die Praxis

Im Sinne der Ergebnisse des Forschungsprojektes RÜTTLEX kann man folgende Empfehlung für die praktische Anwendung der Rüttelstreifen an Eisenbahnkreuzungen in Österreich formulieren:

- Rüttelstreifen zeigen eine sehr gute Wirkung bei nichttechnisch gesicherten Eisenbahnkreuzungen. Dies konnte anhand der zwei Teststrecken bei der EK Raggendorf festgestellt worden (siehe Abbildung 35). Trotz der Tatsache, dass die Ergebnisse in beiden Richtungen nicht ganz identisch sind, zeigt sich eine Tendenz zur Verbesserung des Verhaltens bei dem Stoppschild und der Reduzierung der Fahrgeschwindigkeit in dem Annäherungsbereich der EK eindeutig. Die Geschwindigkeit V_{85} wird bis um 12 km/h reduziert und die Zahl der Kraftfahrer, deren Verhalten bei dem Stoppschild als „gefährlich“ bezeichnet werden kann, sinkt von 30 % bis auf 11 %. Sehr wertvoll ist auch, dass diese Effekte im Laufe der Zeit stabil bleiben. Man kann also eine positive Wirkung der Rüttelstreifen annehmen und ihre Nutzung bei den Eisenbahnkreuzungen ohne technische Sicherung empfehlen (es handelt sich um „low cost measure“ und das Kosten/Nutzen Verhältnis kann man jedenfalls als günstig annehmen).
- Die technisch gesicherten Eisenbahnkreuzungen (insbesondere mit Schranken - empfunden als Symbol einer gut gesicherten Eisenbahnkreuzung) werden grundsätzlich eher als „sicher“ wahrgenommen. Zusätzliche Maßnahmen (Rüttelstreifen) werden von den KraftfahrerInnen hingegen als „überflüssig“ eingestuft. und nicht sehr befürwortet.
- Dagegen wird auf den Eisenbahnkreuzungen mit nichttechnischer Sicherung, wo jedermann auf die eigenen Sinne und die subjektive Beurteilung angewiesen ist, eine zusätzliche Maßnahme für die Erhöhung der Aufmerksamkeit des Kraftfahrers wird als guter „Behelf“ empfunden und befürwortet. Die Akzeptanz seitens der Öffentlichkeit ist hier sehr hoch, was für den praktischen „Erfolg“ und Wirkung der Maßnahme von Vorteil ist.
- Rüttelstreifen sind grundsätzlich für die Anwendung außerorts bestimmt, bzw. nicht in der Nähe von Wohnobjekten.
- Die o. g. Schlüsse unterstützen die Projektergebnisse und Vergleich der verfolgten Parameter auf den Piloteisenbahnkreuzungen Raggendorf und Göllersdorf zwischeneinander ganz eindeutig.

Die gegebenen Empfehlungen stehen auch gut im Kontext der internationalen Erfahrungen – siehe a. A., RADALJ [3], COMPENDIUM [1].

Man kann auch den Verkehrssicherheitsexperten Franz Schilberg [37] zitieren: „An nur mit Andreaskreuzen gesicherten Eisenbahnkreuzungen (EK) kommt es erfahrungsgemäß vielfach zu Unfällen weil man sich auch als Ortskundiger über die Eisenbahnkreuzung „hinwegträumt“. Das dürfte auch damit zusammenhängen, dass **diese Eisenbahnkreuzungen meistens optisch unauffällig sind**, weil der Fahrweg mit gleicher Breite über die Schienen verläuft. **Dem könnte man durch „optisch bremsende“ Fahrbahnmarkierungen begegnen**, die in einigen europäischen Ländern sogar vorgeschrieben sind. Quermarkierungen bewirken vor Kreuzungen, Eisenbahnkreuzungen, etc. auf taktile Weise eine Geschwindigkeitsreduktion“.



Abbildung 35: Eisenbahnkreuzung nichttechnisch gesichert (Raggendorf)

10. Weiterer Forschungsbedarf

Die Ergebnisse des Projektes bestätigen die Voraussetzung (angenommen in dem Projekt MANEUVER [7] und den ausländischen Studien und Handbüchern), dass die Rüttelstreifen eine „hoffnungsvolle“, bzw. geeignete Maßnahme mit geringen Kosten („low-cost-measure“) für die Verbesserung des Verhaltens der KraftfahrerInnen und der Sicherheit an Eisenbahnkreuzungen darstellen können. Dies kann anhand des Vergleiches der gemessenen Parameter im Projekt RÜTTLEX in den Phasen „vorher“, „nachher“ und „später nachher“ auf den Teststrecken belegt werden.

Auf der anderen Seite muß man jedoch in Betracht ziehen, dass der Umfang des Projektes RÜTTLEX relativ bescheiden und im Vergleich mit thematisch ähnlichen ausländischen Arbeiten minimalistisch war (z. B. die australische Forschung RADALJ [3] bearbeitete 14 Piloteisenbahnkreuzungen, dagegen RÜTTLEX nur zwei).

Deshalb zeigt es sich als zweckmäßig, die Rüttelstreifen weiter zu untersuchen und in der Praxis zu evaluieren. Außer der o. g. niedrigen Zahl der Teststrecken besteht in Österreich bisher auch keine Teststrecke auf einer ausschließlich mit Lichtzeichen gesicherten EK (ohne Schranke). Dieser Sicherungstyp wurde zwar am Anfang des Projektes RÜTTLEX geplant (Aspersdorf km 55,156), jedoch in der weiteren Diskussion mit dem Projektgeber durch die Eisenbahnkreuzung mit nichttechnischer Sicherung ersetzt (Raggendorf, km 10,669).

Es lässt sich also als wahrscheinlich annehmen, dass die Rüttelstreifen auch bei technischer Sicherung mit LZA ohne Schranken einen Sinn machen. Dieser Typ der Sicherung ist bei der Öffentlichkeit auch wesentlich weniger sicher empfunden („da fehlt etwas wichtiges – die Schranke“), als LZA mit Schranken. Es wäre sehr sinnvoll, diese Hypothese auf einer Pilotstrecke zu testen.

Literatur

- [1] Turner, B., Makwasha, T., Methods for Reducing Speeds on Rural Roads, Compendium of Good Practice, Austroads Research Report AP-R449-14, Sydney, Australia, 2014
- [2] Hore-Lacy, W, Rumble Strip Effectiveness at Rural Intersections and Railway Level Crossings, contract report VC73896-1 for Vicroads, ARRB Group Ltd, Vermont South, Vic, 2008
- [3] Radalj, A, Kidd, B., Trial with Rumble Strips as a Means of Alerting Drivers to Hazards at Approaches to Passively Protected Railway Level Crossings on High Speed Western Australian Rural Roads, Main Roads Western Australia, 2005
- [4] Woods, M., Research into traffic signs and signals at public road level crossings, RSSB Großbritannien, Forschungsprojekt Nr. T756, July 2011
- [5] NCHRP Report 641: Guidance for the Design and Application of Shoulder and Centerline Rumble Strips, Transportation Research Board, Project 17-32, Washington, D.C., 2009
- [6] Harder, K., Bloomfield, J., Chihak, B., Stopping Behavior at Real-World Stop-Controlled Intersections *with* and *without* In-Lane Rumble Strips, University of Minnesota, 2006
- [7] Machata, K., Knowles, D., et al., MANEUVER – Entwicklung von Maßnahmen zur Vermeidung von Fehlverhalten an Eisenbahnkreuzungen mit Hilfe der Verkehrspsychologie (VIF 2011), KFV, AIT, Technische Universität Graz, Institut für Fahrzeugsicherheit, 2013.
- [8] Nussbaumer, C., Nitsche, P., Feßl, T., et al., ANDREAS – Unfallrisiko und Überwachungsmöglichkeiten von Eisenbahnkreuzungen, KFV, SWARCO Europe GmbH, EBE Elektrotechnik GmbH, ÖBB, Wien 2008
- [9] Skládany, P., et al., AGATHA - Analyse und Entwurf von Maßnahmen zur Hebung der Verkehrssicherheit an Eisenbahnkreuzungen, Forschungsprojekt des Ministeriums für Verkehr der Tschechischen Republik, CDV, 2009
- [10] Schöne, E., J., Ein risikobasiertes Verfahren zur Sicherheitsbeurteilung von Bahnübergängen, genehmigte Dissertation der TU Dresden, der Fakultät Verkehrswissenschaften Friedrich List, 2013

- [11] Amann, H., Körner, G., Kröh, J.: Das Verhalten der Wegbenutzer am Bahnübergang. In: Zeitschrift für Verkehrssicherheit 28 (1981), Heft 3.
- [12] Shahriari, M.: Safety at Rail/Road Level Crossings. Dissertation, Chalmers, University of Technology, Göteborg, 1993.
- [13] Mocsári, T., Safety Evaluation of Level Crossings in Hungary. Konferenzunterlagen, 8th International Level Crossing Symposium, Sheffield, 2004
- [14] Engel, R., Physik und Psychologie – fast alles spricht für das „Stopschild“ am Bahnübergang, Der Fahrgast Nr. 4/2008, Seiten 43-51.
- [15] Menge, J., Sicherheit an Bahnübergängen – eine gemeinschaftliche Aufgabe, Eisenbahningenieur, Oktober 2007 – Nr. 10/2007, Jahrgang 58, ISSN: 0013-2810.
- [16] Traffic Engineering Manual Volume 1, Chapter 11: Railway Level Crossings, Edition 5, August 2014, VicRoads, Victoria, Australien
- [17] Thompson, T., Burris, M., Carlson, P., Speed Changes Due to Transverse Rumble Strips on Approaches to High-Speed Stop-Controlled Intersections, Texas University a Texas Transportation Institute, 2006
- [18] Miles, JD; Finley, MD, Factors that influence the effectiveness of rumble strip design. TRANSPORTATION RESEARCH RECORD, Issue 2030 Pages: 1-9, 2007
- [19] Pimentel, R. L., de Melo, R. A., Rolim, I. A., Estimation of increases in noise levels due to installation of transverse rumble strips on urban roads. Applied Acoustics 76 (2014), s. 453–461.
- [20] Karkle, D. E., Rys, M. J., Russell, E. R., Centerline Rumble Strips: Study of External Noise. JOURNAL OF TRANSPORTATION ENGINEERING, 2011, s. 311 - 318
- [21] Tey, LS; Zhu, SC; Ferreira, L; Wallis, G, Microsimulation modelling of driver behaviour towards alternative warning devices at railway level crossings. ACCIDENT ANALYSIS AND PREVENTION, Volume: 71, Pages: 177-182, October 2014
- [22] Tey, LS; Wallis, G; Cloete, S; Ferreira, L, Modelling driver behaviour towards innovative warning devices at railway level crossings. ACCIDENT ANALYSIS AND PREVENTION, Volume: 51, Pages: 104-111, March 2013

- [23] Merat, N; Jamson, AH, The effect of three low-cost engineering treatments on driver fatigue: A driving simulator study. ACCIDENT ANALYSIS AND PREVENTION, Volume: 50, Pages: 8-15, January 2013
- [24] Gates, TJ; Savolainen, PT; Datta, TK; Todd, RG; Russo, B; Morena, JG, Use of Both Centerline and Shoulder Rumble Strips on High-Speed Two-Lane Rural Roadways Impact on Lateral Lane Position and Passing Maneuvers of Vehicles, TRANSPORTATION RESEARCH RECORD, Issue: 2301, Pages: 36-45, 2012
- [25] Lank, C; Steinauer, B, Increasing Road Safety by Influencing Drivers' Speed Choice with Sound and Vibration. TRANSPORTATION RESEARCH RECORD, Issue 2248, Pages: 45-52, 2011
- [26] Sayed, T; deLeur, P; Pump, J, Impact of Rumble Strips on Collision Reduction on Highways in British Columbia, Canada Comprehensive Before-and-After Safety Study, TRANSPORTATION RESEARCH RECORD, Issue: 2148, Pages: 9-15, 2010
- [27] Torbic, DJ; Hutton, JM; Bokenkroger, CD; Bauer, KM; Donnell, ET; Lyon, C; Persaud, B, Guidance on Design and Application of Rumble Strips. TRANSPORTATION RESEARCH RECORD, Issue 2149, Pages: 59-69, Published 2010
- [28] Hatfield, J; Murphy, S; Job, RFS; Du, W, The effectiveness of audio-tactile lane-marking in reducing various types of crash: A review of evidence, template for evaluation, and preliminary findings from Australia. ACCIDENT ANALYSIS AND PREVENTION Volume: 41 Issue: 3, Pages: 365-379, May 2009
- [29] Rosey, F; Auberlet, JM; Bertrand, J; Plainchault, P, Impact of perceptual treatments on lateral control during driving on crest vertical curves: A driving simulator study. Accident Analysis and Prevention, Volume: 40 Issue: 4, Pages: 1513-1523, July 2008
- [30] Cynk, S., Research into signs and signals at public road level crossings: Phase 2. RSSB, 2014
- [31] Porathe, T., Strand, L (2011). Which sign is more visible? Measuring the visibility of traffic signs through the conspicuity index method. European Transport Research Review, Volume 3, Issue 1, Pages: 35-45.
<http://link.springer.com/article/10.1007/s12544-011-0050-9/fulltext.html>

- [32] Palmer, S. E. (1975). The effects of contextual scenes on the identification of objects. *Memory & Cognition*, 3, Pages: 519–526.
- [33] Davenport, J. L., Potter, M. C. (2004). Scene consistency in object and background perception. *Psychological Science*, 15(8), Pages: 559-564.
- [34] Biederman, I., Teitelbaum, R. C., Mezzanotte, R. J., (1983). Scene perception: a failure to find a benefit from prior expectancy or familiarity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 9(3), Page: 411.
- [35] ASAP (Appropriate Speed Saves all People) Final Report, FEHRL, 2015
- [36] Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), Merkblatt für die Auswahl von Bodenmarkierungsmaterialien (Ausgabe 11. März 2005)
- [37] Experte Franz Schilberg, Potsdamer Nachrichten, mediale Äußerung zu den leicht umsetzbaren Maßnahmen für die Eisenbahnkreuzungen ohne technische Sicherung. Zugänglich unter <http://www.pnn.de/pm/803789/>
- [38] derStandard.at: Im Vorjahr 124 Unfälle bei Eisenbahnkreuzungen mit 21 Toten (Internethinrichten vom 10. Juni 2016).
Zugänglich unter <http://derstandard.at/2000038658674/Im-Vorjahr-124-Unfaelle-bei-Eisenbahnkreuzungen-mit-21-Toten>
- [39] Elvik, R., The Handbook of Road Safety Measures, the second edition, Emerald Group Publishing, 2009
- [40] Road Safety Manual: World Road Association (PIARC), Paris, 2003.

RÜTTLEX

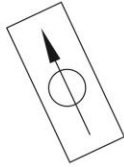
Entwicklung von Rüttelstreifen zur Vermeidung von Fehlverhalten an Eisenbahnkreuzungen

Ein Projekt finanziert im Rahmen der Pilotinitiative
Verkehrsinfrastrukturforschung 2013
(VIF2013)

BEILAGEN:

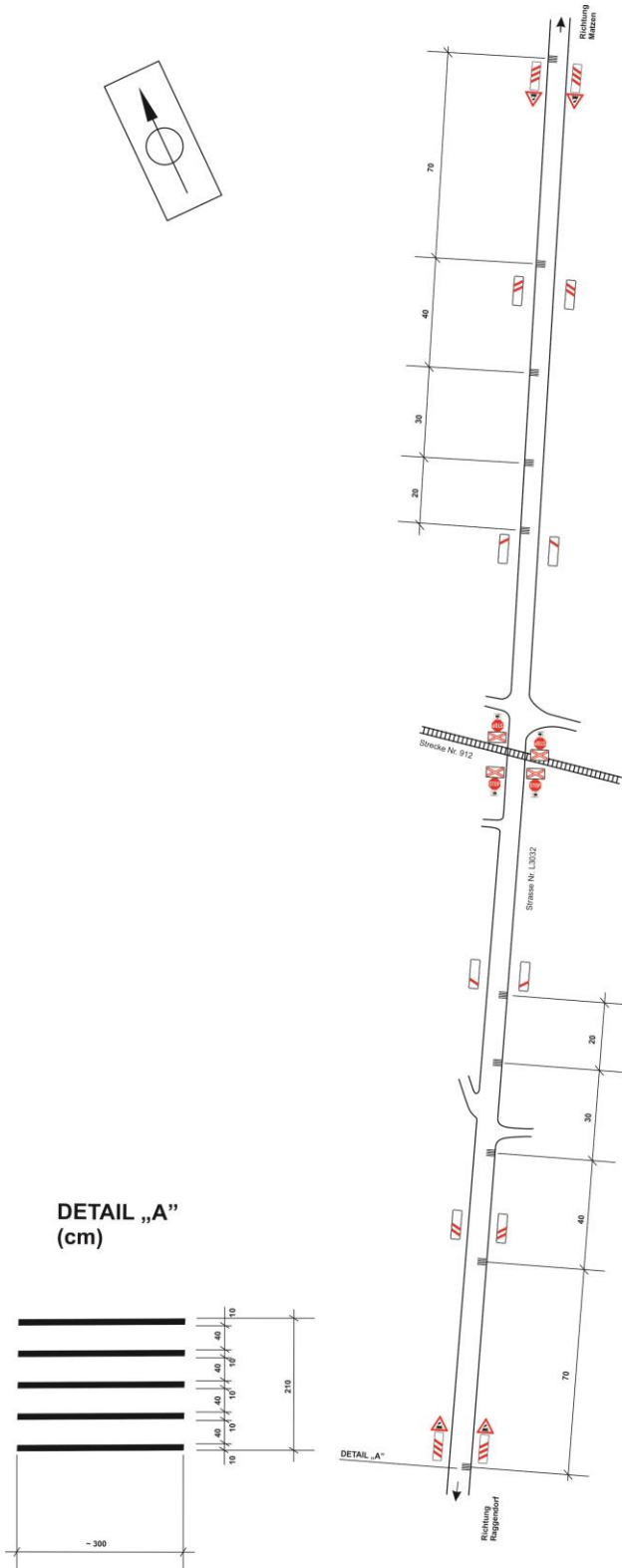
- 1) Installationsschema Rüttelstreifen auf den Teststrecken
- 2) Fragebogen für das psychologische Experiment
- 3) Komplette Übersicht der Ergebnisse der Geschwindigkeitsmessungen

BEILAGE 1



Installationsschema Rüttelstreifen EK Raggendorf, Bahn km 10,669

Empfohlene Markierungsmaterialien:
 Richtung Raggendorf: Kaltplastik
 Richtung Matzen: Heißplastik



BEILAGE 2

Fragebogen für die Eisenbahnkreuzung ohne technische Sicherung (Raggendorf)

Datum

Fahrtrichtung.....

Wetter	
Geschlecht des Lenkers	
Zahl der Beifahrer	
Zeit, Fahrzeugtyp	

Guten Tag, die ÖBB und CDV Brunn führen hier eine Befragung betreffs der Verkehrssicherheit der Bahnkreuzung durch. Die Forschung ist anonym und Sie werden nur kurz aufgehalten. Ich stelle Ihnen nur ein paar Fragen."

**1. Als Sie sich der Bahnkreuzung genähert haben, haben Sie etwas ungewöhnliches gemerkt?
Was war das?**

Antwort notieren:.....

- JA** (direkt Papagei, Plüschfigur, etwas Gelbes...) – Fortsetzung mit der Frage Nr. 3.
- NEIN** (eventuell etwas ganz anderes, was sicher kein Papagei ist) – zur Frage Nr.

2. Haben Sie in der Nähe der Bahnstrecke etwas farbliches gemerkt?

3. Antwort notieren:

- JA** – zur Frage Nr. 3.
- NEIN** – zur Frage Nr. 4.

4. Auf welcher Seite war es?

- LINKS**
- RECHTS**
- BEIDE SEITEN**
- ICH WEISS ES NICHT MEHR**

5. Ist diese Bahnkreuzung, Ihrer Meinung nach, sicher?

- JA, SIE IST SICHER** - Ende des Gespräches
- ICH WEISS NICHT** – Ende des Gespräches
- NEIN, SIE IST NICHT SICHER** – zur Frage Nr. 5.

6. Warum meinen Sie, daß sie nicht sicher ist?

- die Eisenbahnkreuzung fällt im Gelände wenig auf
- die Sicht auf die Bahnstrecke ist schlecht
- es wird zu schnell gefahren
- anderes

Wir danken Ihnen für das Gespräch!

Weitere Bemerkungen

Fragebogen für die Eisenbahnkreuzung mit technischer Sicherung (Göllersdorf)

Datum

Fahrtrichtung.....

Wetter	
Geschlecht des Lenkers	
Zahl der Beifahrer	
Zeit, Fahrzeugtyp	

Guten Tag, die ÖBB und CDV Brunn führen hier eine Befragung betreffs der Verkehrssicherheit der Bahnkreuzung durch. Die Forschung ist anonym und Sie werden nur kurz aufgehalten. Ich stelle Ihnen nur ein paar Fragen.

**1. Als Sie sich der Bahnkreuzung genähert haben, haben Sie etwas ungewöhnliches gemerkt?
Was war das?**

Antwort notieren:

- JA** (direkt Papagei, Plüschi, etwas Gelbes...) – Fortsetzung mit der Frage Nr. 3.
 NEIN (eventuell etwas ganz anderes, was sicher kein Papagei ist) – zur Frage Nr.

2. Haben Sie etwas farbiges neben der Lichtsignalanlage gemerkt?

Antwort notieren:

- JA**
 NEIN

3. Ist diese Bahnkreuzung, Ihrer Meinung nach, sicher?

- JA, SIE IST SICHER** - Ende des Gespräches
 ICH WEISS NICHT - Ende des Gespräches
 NEIN, SIE IST NICHT SICHER – zur Frage Nr. 4.

4. Warum meinen Sie, daß sie nicht sicher ist?

- die Eisenbahnkreuzung fällt im Gelände wenig auf
 die Leuchten auf der Lichtsignalanlage sind schlecht zu sehen
 es wird zu schnell gefahren
 anderes

Wir danken Ihnen für das Gespräch!

Weitere Bemerkungen

BEILAGE 3



Zusammenfassung der Geschwindigkeitscharakteristiken RÜTTLEX

(gemessene Daten, die Radargeräte Sierzega SR 4)

Testbahnkreuzungen: Raggendorf, Göllersdorf (beide Fahrtrichtungen)

Vergleich der Meßergebnisse einzelner Testphasen:

„vorher“ / „nachher“ / „später nachher“

In der Spalte „100“ sind die Anteile der Überschreiter der erlaubten Höchstgeschwindigkeit 100 km/h aufgeführt, andere Parameter (V_{85} , V_o und V_{max}) sind Standardparameter.



Eisenbahnkreuzung Raggendorf (Fahrtrichtung Matzen)

Vorher: 27. 3. 2015 - 29. 4. 2015

Nachher: 8. 7. 2015 - 21. 7. 2015

Später nachher: 16. 6. 2016 - 11. 7. 2016

Bahnstrecke	Vorher (N = 6 500)				Nachher (N = 4 000)				Später nachher (N = 5 100)			
	Vo	V85	Vmax	100	Vo	V85	Vmax	100	Vo	V85	Vmax	100
III	74,6	94,0	151,0	<u>9,23 %</u>	71,3	89,0	146,0	<u>4,33 %</u>	71,3	90,0	149,0	<u>5,25 %</u>
II	68,7	89,0	139,0	<u>4,20 %</u>	66,6	83,0	132,0	<u>1,31 %</u>	68,0	85,0	135,0	<u>2,51 %</u>
I	62,1	81,0	142,0	<u>1,18 %</u>	55,5	69,0	131,0	<u>0,28 %</u>	56,5	71,0	129,0	<u>0,31 %</u>

Zahlen der gemessenen Fahrzeuge in einzelnen Testphasen:

- Vorher: 6 500
- Nachher: 4 000
- Später nachher: 5 100



Eisenbahnkreuzung Raggendorf (Fahrtrichtung Raggendorf)

Vorher: 27. 3. 2015 - 29. 4. 2015

Nachher: 8. 7. 2015 - 21. 7. 2015

Später nachher: 16. 6. 2016 - 11. 7. 2016

Bahnstrecke	Vorher (N = 7 000)				Nachher (N = 3 900)				Später nachher (N = 5 100)			
	Vo	V85	Vmax	100	Vo	V85	Vmax	100	Vo	V85	Vmax	100
III	62,6	83,0	127,0	<u>1,75 %</u>	64,4	85,0	127,0	<u>2,71 %</u>	57,6	78,0	128,0	<u>1,03 %</u>
II	59,8	82,0	126,0	<u>1,27 %</u>	60,3	81,0	119,0	<u>1,28 %</u>	57,2	78,0	126,0	<u>0,98 %</u>
I	54,8	68,0	109,0	<u>0,03 %</u>	54,9	68,0	109,0	<u>0,01 %</u>	53,2	65,0	116,0 ^x	<u>0,02 %</u>

^x – der einzige Überschreiter des Geschwindigkeitslimits von 100 km/h

Zahlen der gemessenen Fahrzeuge in einzelnen Testphasen:

- Vorher: 7000
- Nachher: 3 900
- Später nachher: 5 100

Eisenbahnkreuzung Göllersdorf (Fahrtrichtung Göllersdorf)

Vorher: 26. 3. 2015 - 29. 4. 2015

Nachher: 14. 10. 2015 - 30. 10. 2015, Fortsetzung 5. 11. 2015 - 18. 11. 2015 (Batteriewechsel)

Später nachher: 23. 5. 2016 – 2. 6. 2016

	Vorher (N = 26 000)				Nachher (N = 39 000)				Später nachher (N = 7 800)			
Bahnake	Vo	V85	Vmax	100	Vo	V85	Vmax	100	Vo	V85	Vmax	100
III	63,9	81,0	162,0	<u>1,16 %</u>	65,8	80,0	147,0	<u>1,64 %</u>	70,2	87,0	170,0	<u>3,28 %</u>
II	66,7	86,0	173,0	<u>2,46 %</u>	67,3	83,0	152,0	<u>2,49 %</u>	70,9	87,0	191,0	<u>3,78 %</u>
I	60,8	83,0	179,0	<u>2,94 %</u>	59,9	76,0	147,0	<u>1,14 %</u>	68,6	90,0	194,0	<u>5,95 %</u>

Zahlen der gemessenen Fahrzeuge in einzelnen Testphasen:

- Vorher: 26 000
- Nachher: 39 000
- Später nachher: 7 800



Eisenbahnkreuzung Göllersdorf (Fahrtrichtung Großstelzendorf)

Vorher: 26. 3. 2015 - 29. 4. 2015

Nachher: 19. 6. 2015 - 8. 7. 2015 (bis 6:00 – Ende der Existenz der Rüttelstreifen – um 7:00 wurde mit dem Abfräsen begonnen)

Später nachher: nicht realisiert – die Rüttelstreifen existieren nicht mehr

	Vorher (N = 24 000)				Nachher (N = 15 300)			
Bahn- bake	Vo	V85	Vmax	100	Vo	V85	Vmax	100
III	81,3	101,0	183,0	<u>16,48 %</u>	82,6	100,0	177,0	<u>15,85 %</u>
II	80,2	101,0	172,0	<u>16,50 %</u>	78,2	96,0	161,0	<u>10,94 %</u>
I	71,9	93,0	181,0	<u>8,80 %</u>	71,6	91,0	148,0	<u>7,01 %</u>

Zahlen der gemessenen Fahrzeuge in einzelnen Testphasen:

- Vorher: 24 000
- Nachher: 15 300
- Die Phase „später nachher“ besteht nicht – die Rüttelstreifen sind infolge der Beschwerden abgetragen worden.