

---

# Evaluierung der Sicherheitsanalyse von Straßennetzen

---

Fachveröffentlichung der  
Bundesanstalt für  
Straßenwesen

---

# Evaluierung der Sicherheitsanalyse von Straßennetzen

---

von

Hagen Schüller, Miriam Niestegge, Benedikt Butz  
PTV Transport Consult GmbH, Stuttgart

Mit Unterstützung durch:

Marek Skakui  
HELLER Ingenieurgesellschaft mbH, Darmstadt

---

## Impressum

Fachveröffentlichung zu Forschungsprojekt: 03.0457  
Evaluierung der Sicherheitsanalyse von Straßennetzen

Fachbetreuung:  
Marco Irzik

Referat:  
Straßenentwurf, Verkehrsablauf, Verkehrsregelung

Herausgeber:  
Bundesanstalt für Straßenwesen  
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach  
Telefon: (0 22 04) 43 - 0

<https://doi.org/10.60850/FV-V-03.0457>

Bergisch Gladbach, Juli 2024

Zu diesem Forschungsprojekt werden nur die Kurzfassung und der Kurzbericht veröffentlicht. Die Langfassung des Schlussberichts kann auf Anfrage an [verlag@bast.de](mailto:verlag@bast.de) zur Verfügung gestellt werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben. Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Kommunikation.

## **Kurzfassung**

### **Evaluierung der Sicherheitsanalyse von Straßennetzen**

Die vorliegende Untersuchung thematisiert die Fortschreibung des 2003 veröffentlichten Regelwerks „Empfehlungen für die Sicherheitsanalyse von Straßennetzen – ESN“ (FGSV 2003) unter Berücksichtigung der Anforderungen der EU-Richtlinie 2019/1936 Artikel 5 zum Sicherheitsmanagement der Straßeninfrastruktur.

Ziel des Forschungsprojekts war, ausgehend vom Verfahren zur Sicherheitsanalyse von Straßennetzen (ESN), die Entwicklung einer netzweiten Straßenverkehrssicherheitsbewertung (Netzanalyse) basierend auf den nationalen, internationalen, wissenschaftlichen und praxisnahen Erkenntnissen sowie unter Berücksichtigung der Vorgaben der neuen EU-Richtlinie.

Im Rahmen des Projektes wurde eine Analyse der nationalen und internationalen Literatur durchgeführt. Potenzielle Daten zur Infrastruktur, dem Verkehr und dem Unfallgeschehen mit Relevanz für die zukünftige Netzanalyse wurden hinsichtlich ihrer Relevanz und Verfügbarkeit bewertet. Darüber hinaus wurde die bisherige Akzeptanz und Anwendung der ESN über eine Befragung der Bundesländer und ausgewählter Kommunen evaluiert.

Kern des Projektes war die Anpassung des reaktiven bzw. unfallbasierten Verfahrens der Netzanalyse sowie die Entwicklung eines neuen proaktiven und damit unfallunabhängigen Verfahrens. Die entwickelten Verfahren wurden im Rahmen einer Pilotanwendung getestet, daraus ergänzenden Hinweise und Empfehlungen zur Netzaufbereitung für die Praxis dokumentiert und das gesamte Verfahren – u. a. durch eine lokale Bestandsüberprüfung – evaluiert. Abschließend wurden Hinweise für die Weiterverwendung der Ergebnisse der Netzanalyse gesammelt und aufbereitet sowie genaue Erläuterungen zur Umsetzung des Verfahrens in unterschiedlichen, anwenderorientierten Formaten bereitgestellt.

## **Abstract**

### **Evaluation of network safety management**

This study deals with the update of the "Recommendations for the Network Safety Management - ESN", published in 2003, taking into account the requirements of the EU Directive 2019/1936 Article 5 on the Safety Management of Road Infrastructure.

Based on the existing procedure for Network Safety Management this research project deals with the development of a network-wide road safety assessment. National, international, scientific and practical findings were taken into account as well as the requirements of the new EU Directive.

As part of the project, an analysis of relevant national and international findings was carried out. Potential data on infrastructure, traffic and accident occurrence with relevance for the future network-wide road safety assessment were evaluated with regard to their relevance and availability. In addition, the current acceptance and application of the existing guideline (ESN) were evaluated by a survey with the federal states and selected municipalities.

The core of the project was the adaptation of the reactive or accident-based procedure of the Network Safety Management as well as the development of a new proactive and thus risk-based procedure. The developed procedures were tested within the framework of a pilot application. The results and recommendations for network preparation were documented for practical use, and the entire procedure was evaluated – among other things, by means of a local road safety inspection. Finally, recommendations for the further use of the results of the network-wide road safety assessment were collected and processed. Precise explanations for the implementation of the procedure were provided in different user-oriented formats.

## Kurzbericht

### Evaluierung der Sicherheitsanalyse von Straßennetzen

#### 1. Aufgabenstellung

Das Verfahren zur Sicherheitsanalyse von Straßennetzen stellt ein Instrument des Sicherheitsmanagements der Straßeninfrastruktur dar, mit dem frühzeitig und flächendeckend die Verkehrssicherheit der Straßeninfrastruktur bewertet werden kann. Das Verfahren wird in den ESN (FGSV 2003) beschrieben und im Folgenden als ESN-Verfahren bezeichnet. Es war ursprünglich als Verfahren für die Straßenbaulastträger gedacht, als Entscheidungshilfe für Investitionen in den Um- und Ausbau des Straßennetzes aus Sicht der Verkehrssicherheit. Im Rahmen einer netzweiten Betrachtung werden damit ergänzend zur Unfallauffälligkeit (viele schwere Unfälle in einem Zeitraum auf einem Abschnitt) zusätzlich auch

- die Verkehrsunsicherheit beschrieben (fahrleistungsbezogenes Risiko bzw. Unfallkostenraten, welche die Unfallhäufigkeit in Bezug auf die Fahrleistung normiert),
- Werte für die Vermeidbarkeit von Unfällen durch eine möglichst im Hinblick auf Verkehrssicherheitsaspekte optimal gestaltete Straßeninfrastruktur angegeben (Berücksichtigung Grundunfallkostenrate) und
- nicht nur auffällige, sondern alle Bereiche des Straßennetzes (mit einer gewissen Verbindungsfunktion) bewertet.

Das Verfahren existiert seit 2003, hat aber im Gegensatz zum Verfahren der Örtlichen Unfalluntersuchung nie denselben Verbreitungsgrad in der praktischen Anwendung erreicht.

Ziel des Forschungsprojekts war es, ein Verfahren aufbauend auf der Sicherheitsanalyse von Straßennetzen (ESN) zu einer netzweiten Straßenverkehrssicherheitsbewertung

- basierend auf den nationalen und internationalen,
- wissenschaftlichen und praxisnahen Erkenntnissen,
- unter Berücksichtigung der Vorgaben der neuen EU-Richtlinie

weiterzuentwickeln. Das im FGSV-Regelwerk dokumentierte ESN-Verfahren sowie die damit gemachten Erfahrungen waren zentrale Grundlagen für diese Entwicklung.

Dabei sollten vor allem

- die Verknüpfung mit anderen Verfahren des Sicherheits- und Infrastrukturmanagements,
- die vorhandene Datenlage,
- eine hohe Akzeptanz der Methoden bzw. methodischen Vorgaben in der Praxis sowie
- konkrete und vielfältige Hinweise zur Verwendung der Ergebnisse des Verfahrens

berücksichtigt werden. Das Ziel war explizit nicht die Entwicklung eines neuen Tools oder einer Software, sondern vielmehr die Definition von Anforderungen und das Aufzeigen von Anwendungsmöglichkeiten, welche bei Berücksichtigung auch die Koexistenz verschiedener (EDV-)Tools ermöglicht.

#### 2. Methodik

Es wurden folgende Arbeitsschritte durchgeführt, um das bestehende Verfahren zu evaluieren, weiterzuentwickeln und pilothaft anzuwenden. Hierzu gehören:

- eine Darstellung der nationalen und internationalen Verfahren und Erkenntnisse für die Netzanalyse von Straßennetzen.
- eine Befragung von Praxisvertretern zur Anwendung des bisherigen ESN-Verfahrens.
- eine Darstellung der verfügbaren Daten mit Bezug zur Infrastruktur und Verkehrssicherheit.
- die Anpassung des reaktiven Verfahrens und Entwicklung eines neuen proaktiven Verfahrens.
- die Entwicklung einer Gesamtbewertung durch Kombination von proaktiven und reaktiven Verfahren.
- die Pilotanwendung und Evaluierung des entwickelten Verfahrens auf ausgewählten Straßennetzen für Autobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen außerorts.
- die Potenzialabschätzung des Verfahrens im Vergleich zu anderen Verfahren des Sicherheitsmanagements.
- die Darstellung des Nutzens und der Anwendungsmöglichkeiten.
- die Erstellung eines Umsetzungskonzeptes zur Erläuterung des Verfahrens für potenzielle Anwender und Entscheidungsträger.

- die Erstellung eines Regelwerksvorschlages für das neue Verfahren.

### 3. Untersuchungsergebnisse

#### Erkenntnisse aus der Literaturanalyse

Die Netzanalyse bzw. das Verfahren der bisherigen ESN stellt ein Verfahren während des Betriebs und für die Bewertung des Bestandsnetzes dar. Die Ergebnisse der Netzanalyse sind relevant für den gesamten Lebenszyklus des Straßennetzes von der Netzplanung und Bedarfsermittlung bis hin zur Erhaltung. Die Netzanalyse grenzt sich von anderen Verfahren des Sicherheitsmanagements dahingehend ab, dass sie als einziges Verfahren das gesamte Netz bewertet bzw. hinsichtlich des Potenzials für Verbesserungen der Verkehrssicherheit einstuft. Das Verfahren ist bzw. sollte mit den anderen Verfahren des Sicherheitsmanagements für den Bestand verknüpft sein. Die ESN hat seit 2003 aus verschiedenen Gründen nicht die Akzeptanz und Verbreitung in der Praxis erfahren, wie es ursprünglich beabsichtigt war. Die Gründe dafür sind vielfältig und reichen vom fehlenden Verständnis über nicht aktualisierte Grundlagen (gUKR) bis hin zu Problemen bzw. Lücken des Regelwerks hinsichtlich der konkreten Umsetzung. Diese Themen wurden bereits im Rahmen der Fortschreibung des Regelwerks im Entwurf 20XX des AA 2.13 berücksichtigt. Trotz der noch verbesserungswürdigen Akzeptanz in der Praxis bestehen zahlreiche erfolgversprechende Ansätze für die Berücksichtigung der Netzanalyse und deren Ergebnisse in der Praxis. Parallel zum Regelwerk haben sich alternative Netzanalyseverfahren aus der Praxis heraus entwickelt, wie z. B. die integrale Methode und die Plattform des Verkehrssicherheitsscreenings. Trotz teilweise auch berechtigter Vorbehalte gegenüber der integralen Methode finden sich zahlreiche Ansätze für die Weiterentwicklung der Netzanalyse vor allem im Verkehrssicherheitsscreening.

Die EU-Richtlinie 2019/1936 hat die Netzanalyse – vor allem auch gegenüber der Örtlichen Unfalluntersuchung – gestärkt und um einen proaktiven Ansatz ergänzt. Hinzu kommt, dass ein stärkerer Fokus auf die Weiterbearbeitung und -verwendung der Ergebnisse der Netzanalyse (u. a. mit einer anlassbezogenen Inspektion) sowie die Berücksichtigung der ungeschützten Verkehrsteilnehmenden gelegt wird.

International existiert eine Vielzahl von Ansätzen, welche den Anforderungen an die Netzanalyse entsprechen. Es existieren aber auch bereits Strategien und Überlegungen, um die Netzanalyse stärker

proaktiv bzw. risikobasiert umzusetzen. Unter anderem EuroRAP, das amerikanische Highway Safety Manual und vor allem der schwedische Ansatz (für eine kompakte und kategoriale proaktive Bewertung) bieten eine Vielzahl an Ansätzen für die Umsetzung des Artikel 5 der EU-Richtlinie 2019/1936.

Einige in der EU-Richtlinie aber auch in den internationalen Verfahren verwendeten proaktive Elemente passen nicht zu den Erkenntnissen der Sicherheitsforschung in Deutschland. Daher wurden die Kennzahlen des HVS für eine Abgrenzung der wichtigsten proaktiven Elemente von Außerortsstraßen in Deutschland herangezogen. Weitere Erkenntnisse ergaben sich aus den in Bayern definierten Kerndefiziten auf Außerortsstraßen.

#### Befragung Praxisvertreter

Im Rahmen einer Telefonbefragung von Praxisvertretern, vorrangig bei den Länderverwaltungen, der BAST, aber auch ausgewählten kommunalen Verwaltungen, wurde der Stand der Netzanalyse in der Praxis eruiert. Es wurde deutlich, dass derzeit nur in vier Bundesländern und beim Bund (BAST) eine regelmäßige Anwendung der ESN oder eines alternativen Verfahrens der Netzanalyse stattfindet. Dabei werden vor allem höher klassifizierte Straßen bewertet.

Die Gründe für die fehlende Akzeptanz sind vielfältig. Es beginnt mit einem mangelnden Verständnis für das Verfahren bei Bearbeitenden und Entscheidungsträgern. Das betrifft vor allem auch den Nutzen des Verfahrens u. a. gegenüber der örtlichen Unfalluntersuchung. Der fehlende direkte Zwang (i. V. zur Örtlichen Unfalluntersuchung) zur Durchführung des Verfahrens sowie fehlende finanzielle und vor allem personelle Ressourcen, aber auch fehlendes Know-how tragen zur seltenen Anwendung in der Fläche bei. Von manchen Anwendenden der ESN werden die Ergebnisse der Netzanalyse als nicht plausibel, stark schwankend (analog Häufungsbetrachtung) und teilweise als zu grob bzw. wenig detailliert eingeordnet. Der hohe Aufwand für die manuelle Bearbeitung war anfangs und teils auch heute noch zentral für die nicht vollständige Umsetzung des Verfahrens in der Praxis. Von denjenigen, die die ESN anwenden, wird vor allem die fehlende Weiterverwendung der Ergebnisse als Problem benannt.

Die Praxis wünscht sich im Hinblick auf die Netzanalyse mehrfach konkretere Vorgaben durch den Bund, eine stärkere Einheitlichkeit bei den Anwen-

dungen, einen klaren Handlungszwang zur Umsetzung sowie die Möglichkeit eines höheren Automatisierungsgrades bei der Datenaufbereitung.

### **Datenlage**

Die Vorschläge der EU-Richtlinie zu den proaktiven Elementen wurden – soweit möglich – hinsichtlich deren Verfügbarkeit in Deutschland bewertet. Es fiel auf, dass ein Konsens bei dieser Bewertung kaum zu erzielen war, da ganz unterschiedliche Sichtweisen und Datenverfügbarkeiten sowohl zwischen den unterschiedlichen Abteilungen (z. B. Planung, Erhaltung) aber auch den Bundesländern und dem Bund selbst bestehen. Deutlich wurde, dass die Realität hinsichtlich Verfügbarkeit und Qualität von Daten in den SIBs häufig nicht mit den ASB übereinstimmen. Das betrifft vor allem BISSTra bei der BAST. Ein Großteil der Daten ist entweder nicht vorhanden, nur teilweise abgebildet oder mit erheblichen Einschränkungen der Qualität und Aktualität verfügbar. Damit deutet sich bereits das zentrale Problemfeld für eine Umsetzung – vor allem der proaktiven Bewertung – in Deutschland an<sup>1</sup>. Aus diesem Grund wurde im Rahmen der späteren Pilotanwendung versucht, über indirekte Ansätze der Datenaufbereitung möglichst viel aus den bestehenden Datensätzen herauszuholen.

### **Konzeption zukünftiges Netzanalyseverfahren**

Für die Konzeption des zukünftigen Verfahrens wurden einerseits die vielfältigen Erfahrungen zur reaktiven Bewertung aus der Praxis berücksichtigt und andererseits eine möglichst modulare und flexible Ergänzung um das proaktive Verfahren angestrebt. Ein Grund dafür ist die derzeit noch eingeschränkte Datenlage. Vor allem der Gedanke des Layerings, also der transparenten Überlagerung verschiedener reaktiver und proaktiver Einzelbewertungen, stellt den Kern des neuen Verfahrens dar. Ausgehend von vorhandenen Daten wurden für folgende proaktive Elemente Anforderungen beschrieben: horizontale Trassierung, ungeschützte Hindernisse im Seitenraum (vor allem Bäume am Straßenrand), der Straßenquerschnitt, der Fahrbahnzustand mit Griffigkeit und entwässerungsschwachen Zonen sowie Anlagen für nicht-motorisierte Verkehrsteilnehmende. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit als proaktives Element wurde ausführlich diskutiert, aber letztendlich verworfen und eher als informatives Element im Rahmen der Detailanalyse inte-

griert. Gründe dafür sind u. a. unzureichend verlässliche Datengrundlagen, der Fakt, dass das tatsächliche Geschwindigkeitsverhalten von den angeordneten Geschwindigkeiten abweichen kann, und die „Gefahr“, dass die Anordnung von zulässigen Höchstgeschwindigkeiten als Ersatz für notwendige, wirksame aber aufwendigere Maßnahmen der Gestaltung oder Ausstattung herhalten und damit eine höhere Verkehrssicherheit nur suggerieren.

Für die Gesamtbewertung wurden anhand eines Noten- bzw. Punktesystem Regelungen festgelegt, wie Prioritätskategorien einer Netzeinstufung abgeleitet werden können. Die proaktive Bewertung geht dabei mit der schlechtesten Einzelbewertung in die Gesamtbewertung ein. Eine Differenzierung der proaktiven Notenbewertung ermöglicht die Berücksichtigung der unterschiedlichen Relevanz proaktiver Einzelelemente für die Unfallentstehung und die Folgen.

### **Aktualisierung Grundunfallkostenraten**

Ausgehend von den Kennzahlen des HVS für den Außerortsbereich wurden neue Grundunfallkostenraten für Autobahnen und Landstraßen abgeleitet (die Innerortskennzahlen werden zum Zeitpunkt der Berichtslegung zu diesem Forschungsprojekt noch im Rahmen einer parallelen Forschungsarbeit ermittelt). Dabei wurde auf eine möglichst modulare Vorgehensweise bzw. Bereitstellung der gUKR geachtet, um den unterschiedlichen Anforderungen aus der Praxis gerecht zu werden (z. B. Bedarf für die separate Bewertung von ausgewählten Knotenpunkten).

### **Pilotanwendung und Empfehlungen für die Durchführung der Netzanalyse**

Für drei Pilotgebiete (Bundesautobahnen in Baden-Württemberg mit Daten der BAST sowie ausgewählten Landkreisen in NRW und Sachsen) wurden die angepasste, reaktive sowie die neu entwickelte, proaktive Bewertung getestet. Hierfür wurden in einem langwierigen iterativen Prozess verschiedene Ansätze geprüft, verworfen und/oder angepasst. Im Ergebnis wurden klare Empfehlungen in Factsheets zusammengestellt (siehe Anhang A.17), welche auch zukünftigen Anwendern eine Unterstützung bei der Umsetzung bieten. Dies berücksichtigt Anforderungen an die Grundlagendaten sowie Hin-

<sup>1</sup> Dieses Problem würde auch nicht durch eine Anwendung von EuroRAP auf deutschen Straßen behoben werden. Denn auch dort wäre eine aufwendige Erhebung der Merkmale notwendig.

weise zur Netzaufbereitung und zur konkreten Bewertung. Die Ergebnisse wurden in Listen und Karten dargestellt, bewertet und evaluiert. Ergänzend dazu wurden spezifische Hinweise für die BAST dokumentiert, welche die z. T. eingeschränkte Datelage aufgrund der Berücksichtigung von 16 unterschiedlichen Länderdaten berücksichtigt. Während die reaktive Bewertung gute Ergebnisse in dem Sinne erzielte, dass die früheren Kritikpunkte des ESN-Verfahrens weitestgehend ausgeräumt werden konnten, so bleibt bei der proaktiven Bewertung noch Entwicklungspotenzial bestehen. Vor allem aber die proaktiven Bewertungen ungeschützter Bäume am Fahrbahnrand sowie der horizontalen Trassierung ergeben vielversprechende Ergebnisse. Dies und die anderen Ansätze gilt es nun in der Praxis zu testen, weiterzuentwickeln und zu ergänzen. Anhand des modularen Aufbaus des neuen Netzanalyseverfahrens ist eine Bewertung entsprechend den Anforderungen der EU-Richtlinie 2019/1936 bereits heute möglich. Zahlreiche Ansätze für die Weiterentwicklung sind im Bericht dokumentiert.

### **Potenzialabschätzung und Anwendungsfälle**

Im Rahmen der Pilotanwendungen wurde das betrachtete Unfallgeschehen sowohl im Sinne der Netzanalyse (Abschnitte mit Sicherheitsverbesserungspotenzial) als auch entsprechend den Grenzwerten der Örtlichen Unfalluntersuchung (Unfallhäufungen) abgegrenzt. Es wird dabei deutlich, dass die Netzanalyse sowohl Überlappungsbereiche als auch ganz andere Bereiche des Unfallgeschehens identifiziert als die örtliche Unfalluntersuchung. Beide Verfahren zusammen erfassen zwischen 57 % und 87 % und damit den Großteil des Unfallgeschehens mit Personenschaden auf Außerortsstraßen. Das reaktive Verfahren der Netzanalyse erfasst dabei zwischen 43 % und 73 % des Unfallgeschehens mit Personenschaden.

Es werden Hinweise für den schrittweisen Umgang mit den Ergebnissen der Netzanalyse gegeben. Dabei wird zuerst auf eine Prüfung der Ergebnisse durch die Überlagerung mit den Grundlagendaten, den Einzelbewertungen sowie ergänzenden Daten des Sicherheitsmanagements eingegangen. Damit sollen die Grundlagen für die Planung der nächsten Schritte im Sinne eines Aktionsplans gelegt werden. Daran anknüpfend wurden Hinweise für die Verwendung der Ergebnisse und Erkenntnisse der Netzanalyse sowohl innerhalb als auch außerhalb des Sicherheitsmanagements dokumentiert.

### **Ausblick**

Sobald die Kennzahlen für den Innerortsteil des HVS zur Verfügung stehen, sollten die für den Außerortsbereich gemachten Erkenntnisse auf den Innerortsbereich übertragen, angepasst und getestet werden. Dort wird mindestens so viel Potenzial für die Unterstützung des Sicherheitsmanagements durch eine Netzanalyse wie im Außerortsbereich gesehen. Hier würde sich ein Feldversuch in Kooperation mit einer Stadt anbieten.

Daneben müssen – unabhängig von der Ortslage – der Datenbestand und die aktuelle Entwicklung bei den Datenerhebungen unter Berücksichtigung der hier gesammelten Erkenntnisse und Anforderungen an die Netzanalyse fortlaufend bewertet werden. Es gilt dringend die Anforderungen der Netzanalyse sowie des Sicherheitsmanagements noch stärker in das Datenmanagement anderer Bereiche zu integrieren. Die derzeit aufwendige, weil nachgelagerte, Anpassung der Daten ist ineffizient und ineffektiv.

Sobald ergänzende Daten zur Verfügung stehen, kann die standardisierte Bewertung der proaktiven Elemente erweitert und optimiert werden. Dabei sollte diese Bewertung nicht kleinteiliger werden, sondern auf Netzknotenebene bleiben. Es bieten sich hier eher Ansätze zur Berücksichtigung u. a. einer Fehler-/Defizitdichte an.

Wichtiger aber als die weitere Optimierung des Analyseverfahrens ist die Etablierung von Prozessen zur effektiveren Integration der Netzanalyse sowohl in das Sicherheitsmanagement als auch in andere Verfahren des Infrastrukturmanagements in der Praxis. Diese sollte zeitnah im Rahmen begleiteter Feldversuche mit Praxispartnern erfolgen. Diese Versuche sollten direkt evaluiert und die Ergebnisse dokumentiert werden, damit weitere potenzielle Anwender davon profitieren können.

## Summary

### Evaluation of network safety management

#### 1. Task

The procedure for the network safety management represents an instrument for the safety management of the road infrastructure. Traffic safety of the road infrastructure can be assessed comprehensively and at an early stage. The procedure is described in the ESN (FGSV 2003) and referred to in the following as the ESN procedure. It was originally intended as a procedure for road authorities as a decision-making aid for investments in the conversion and expansion of the road network from the safety perspective. Within the framework of a network-wide analysis, in addition to accident conspicuity (many serious accidents in a period of time on a section), the following are also described

- the accident risk (driving performance-related risk or accident cost rates, which standardise the accident frequency in relation to the driving performance),
- a value for the avoidability of accidents through road infrastructure that is optimally designed with regard to traffic safety aspects (consideration of basic accident cost rate), and
- not only conspicuous, but all areas of the road network (with a certain connection function) are evaluated.

The procedure has existed since 2003, but in contrast to the local accident investigation procedure (black spot management), it has never achieved the same degree of broad acceptance in practical application.

The aim of the research project was to develop a procedure based on the safety analysis of road networks (ESN) for a network-wide road safety assessment based on

- national and international experiences,
- scientific and practical findings and
- under consideration of the requirements of the new EU Directive 2019/1936.

The current ESN procedure and the experience gained with its application in the past are fundamental for this development.

In this context, the following aspects are particularly important

- the linkage with other procedures of safety and infrastructure management,
- the current situation of data availability and quality,
- a high level of acceptance of the methods and methodological specifications in practice and
- specific and diverse information on how to use and work with the results of the procedure

should be taken into account. This project is explicitly not about the development of a new tool or software, but much more about the definition of requirements and the demonstration of an application, which, when taken into account, also enable the co-existence of different (IT) tools.

#### 2. Methodology

The following steps were carried out to evaluate the existing procedure and to develop and apply a new or rather adapted procedure. These include:

- A review of national and international methods and experiences regarding network safety management procedures.
- A survey of practitioners on the application of the existing ESN procedure.
- A review of the current availability and quality of the relevant data with reference to infrastructure and road safety.
- The adaptation of the reactive procedure and the development of a new proactive procedure.
- The development of an overall assessment that combines proactive and reactive procedures.
- A pilot application and evaluation of the developed procedure on selected road networks for motorways as well as rural federal, state and district roads outside of towns.
- The assessment of the potential of the new procedure in comparison to other safety management procedures.
- Presentation of the benefits and possible applications.
- Preparation of an implementation concept to explain the procedure to potential users and decision-makers.
- Preparation of a proposal for a guideline for the entire procedure.

### 3. Results

#### Literature analysis

The network safety management procedure (or the procedure of the previous ESN) does assess the safety of an existing road network in operation. The results of the network safety management (NSM) are relevant for the entire life cycle of the road network from network planning and needs assessment to maintenance. NSM differs from other safety management procedures considering that it is the only procedure that evaluates the entire network or classifies it with regard to the potential for road safety improvements. The procedure is or should be linked to the other safety management procedures for the existing network. For various reasons, the ESN has not been accepted and disseminated in practice since 2003 as originally intended. The reasons for this are manifold and range from a lack of understanding, through non-updated basic figures (basic accident cost rate, baACR), to problems or gaps in the guidelines with regard to specific implementation aspects. These issues have already been taken into account in the update of the rules and regulations in draft 20XX of the working committee that is in charge for the update of the guideline. Despite the fact that acceptance in practice is still in need of improvement, there are numerous promising approaches for the consideration of NSM and its results in practice. Parallel to the guideline, alternative NSM procedures have been developed from practice, such as the integral method and the road safety screening platform. Despite partly justified reservations about the integral method, there are numerous promising approaches for the further development of NSM, especially regarding the platform of the road safety screening.

The EU Directive 2019/1936 has strengthened the network analysis – especially compared to the black spot management (BSM) – and supplemented it with a proactive approach. In addition, there is a stronger focus on the further processing and use of the results of the NSM (among other things, with an event driven inspection) and the consideration of vulnerable road users.

Internationally, there are a multitude of approaches that meet the requirements of the NSM. However, there are also existing approaches and considerations to implement the network analysis more proactively or risk-based. Among others, EuroRAP, the American Highway Safety Manual and especially the Swedish approach (for a compact and categori-

cal proactive assessment) offer a variety of approaches for the implementation of Article 5 of the EU Directive 2019/1936.

Some of the proactive elements documented in the EU Directive but also in the international procedures do not match the findings of safety research in Germany. Therefore, the indicators of the currently developed HVS (German guideline für die risk-based assessment of road design based on accident prediction models) were used for a definition of the most important proactive elements of rural roads and motorways in Germany.

#### Survey of practice representatives

The status of the network analysis in practice was determined in a telephone survey of practical representatives. Primarily federal state administrations, the BAST, but also selected municipal administrations were included in the survey. It became clear that currently only four federal states and at the federal level (BAST) a regular application of the ESN or an alternative procedure of NSM is applied. Mainly roads with a higher classification are assessed.

The reasons for the lack of acceptance are manifold. It starts with a lack of understanding of the procedure among the users and decision-makers. This applies above all to the benefits resulting from the procedure in relation to Black Spot Management, among other things. The lack of direct obligation (in conjunction with the Black Spot Management) to carry out the procedure, as well as the lack of financial and above all personnel resources, but also the lack of know-how, contribute to the rare application of the NSM procedure. Some users of the ESN consider the results of the network analysis to be implausible, highly fluctuating and in some cases not detailed enough. The high effort for manual processing was initially and partly still is a main reason for the incomplete implementation of the procedure in practice. Those who use the ESN mention the lack of further use of the results as a problem.

With regard to the NSM, practitioners would like to see more concrete specifications from the federal government, greater uniformity in the applications, a clear obligation to take action for implementation, and the possibility of a higher degree of automation in data processing.

#### Data situation

The proposals of the EU Directive on proactive elements were – as far as possible – evaluated with regard to their availability in Germany. It was noticeable that a consensus could hardly be reached in this assessment, as very different views and data availability exist both between the different depart-

ments (e.g. planning, maintenance) but also between the federal states and the federal government itself. It became clear that the reality regarding availability and quality of data in the databases of road maintenance often does not correspond to the regulations that apply to them. This applies above all to road management system (BISSTra) at the BASt. A large part of the data is either not available, only partially mapped or available with considerable restrictions in quality and topicality. This already indicates the central problem area for an implementation – especially of the proactive assessment that relies on numerous data sets – in Germany. For this reason, the aim of the pilot application was to extract as much as possible from the existing data sets using indirect approaches of data processing.

### **Conception of a future network analysis procedure**

The conception of the future procedure relies on the manifold experiences with the reactive NSM assessment from practice but also aims for a preferably modular and flexible addition of a new proactive procedure. One reason for that is the currently still limited data situation. Above all, the idea of layering, e.g. the transparent overlapping of different reactive and proactive single assessments, represents the core of the new procedure. Based on existing data, requirements were described for the following proactive elements: horizontal alignment, unprotected obstacles next to the roadway (especially trees at the roadside), the road cross-section, the condition of the roadway regarding skid resistance and zones with poor drainage, as well as facilities for non-motorized road users. The maximum speed limit as a proactive element was discussed in detail, but finally discarded and rather integrated as an informative element within the detailed analysis.

For the overall assessment, specific rules were defined on the basis of a grading or point system that results in a classification of road sections into priority categories. The proactive assessment is integrated into the overall assessment regarding its worst outcome considering all available assessment layers. A differentiation of the proactive grade evaluation enables the consideration of the different proactive individual elements and their relevance for the accident occurrence and its consequences.

### **Updating basic accident cost rates (baACR)**

Based on the HVS figures for networks outside urban areas, new basic accident cost rates were derived for motorways and rural roads (the urban figures are still being determined at the time of reporting for this research project as part of a parallel research project). In doing so, care was taken to ensure that the procedure and provision of the baACRs was as modular as possible in order to

meet the different requirements from practice (e.g. need for the separate assessment of selected inter-sections).

### **Pilot application and recommendations for the implementation of the network analysis**

For three pilot areas (federal motorways in Baden-Wuerttemberg with data from the BASt, as well as selected districts in North Rhine-Westfalia and Saxony), the adapted, reactive and the newly developed, proactive assessment were tested. For this purpose, different approaches were tested, rejected and/or adapted in a lengthy iterative process. As a result, clear recommendations were compiled and documented in factsheets which offer future users a detailed support for the implementation. This takes into account requirements for the basic data as well as hints for network preparation and specific assessment. The results were presented, assessed and evaluated in lists and maps. In addition, specific instructions for the BASt were documented, which take into account the partly limited data situation due to the consideration of the data situation in 16 different federal states. While the reactive evaluation achieved good results in the sense that the earlier points of criticism of the ESN procedure could be largely eliminated, there is still potential for further development in the proactive evaluation. However, the proactive assessment of unprotected trees next to the roadway and the horizontal alignment in particular yield promising results. This and the other approaches must now be tested in practice, further developed and supplemented. Based on the modular structure of the new network analysis procedure, an evaluation in accordance with the requirements of EU Directive 2019/1936 is already possible today. Numerous approaches for further development are documented in the report.

### **Potential assessment and use cases**

Within the framework of the pilot applications, the existing crash situation was assessed both in terms of the NSM (sections with safety improvement potential) and in accordance with the limit values of the Black Spot Management (blackspots). It becomes clear that the network analysis identifies both overlapping areas and completely different areas of accident occurrence than the black spot management. Both methods together cover between 57% and 87% and thus the majority of injury accidents on roads outside built-up areas.

Guidance is given for the step-by-step handling of the results of the network analysis. The first step is to examine the results by overlaying them with the basic data, the individual assessments and supplementary data from safety management. This is intended to lay the foundations for planning the next steps in the sense of an action plan. Additionally to

that a document with instructions for the use of the results and findings of the network analysis both within and outside of safety management was made available.

### **Outlook**

As soon as the figures or rather accident parameters for the urban part of the HVS are available, the findings made for the rural road networks should be transferred to urban street networks, adapted and tested. There is at least as much potential for supporting safety management through NSM in urban than it is outside of urban areas. A field trial in cooperation with a municipality would be sufficient next step.

Besides that and independently from the characteristic of the road network the data situation needs to be improved. This should consider current developments in the collection of infrastructure and traffic data. The data requirements resulting from safety management need to be integrated into the processes of data collection in other parts of the infrastructure management. The current adaption and processing of data afterwards is highly inefficient and ineffective.

As soon as additional data is available the standardized assessment of other proactive elements needs to be developed and integrated into the NSM procedure. But even with more attributes that are assessed, the procedure should stay at its current level of aggregation.

Even more important than a further optimization of the NSM procedure is the establishment of processes that support the integration of the NSM into other safety management analysis as well as infrastructure management procedures. This should be accompanied with pilot tests that are directly evaluated and adapted to the needs of the potential users.