

## Echtzeitbeurteilung und -optimierung der Wirksamkeit von Streckenbeeinflussungsanlagen

FA 3.407

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

Bearbeiter: Kappich, G. / Steinauer, B. / Kemper, D. / Westermann, C. / Brake, M. / Reitenberger, S. / Schmitz, R. / Volkenhoff, T.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn

Abschluss: September 2009

der Ermittlung der Wirkung verkehrsbeeinflussender Maßnahmen (vgl. MARZ, BAST, 1999).

Hinsichtlich der Kurzzeitbewertung sind Fragen, welche Kenngrößen überhaupt eine Aussage über die Wirksamkeit einer Anlage zulassen, welcher Wirkungsgrad erreicht wird und welches Zeitintervall sich zur Bewertung eignet, derzeit noch nicht ausreichend geklärt. Entsprechend existiert bislang kein einheitliches Bewertungsmaß oder Bewertungsschema für Online-Methoden.

Ein weiteres Problem ist in den individuellen Programmlösungen der Anlagenbetreiber zur Aufstellung der verkehrstechnischen Auswertungen zu sehen. Diese dienen einer regelmäßigen Überprüfung der Einstellungsparameter. Sie werden häufig mit herstellerspezifischen Zusatzprogrammen oder manuell in Tabellenkalkulationsprogrammen durchgeführt. Der Umfang und die Qualität dieser Untersuchungen unterscheiden sich dadurch von Anlage zu Anlage deutlich.

Das vorliegende Forschungsprojekt hatte daher zum Ziel, ein einheitliches Auswerte- und Bewertungsverfahren zu entwickeln. Dieses basiert auf einem universellen Datenformat und einer zentralen Datenverarbeitung, die durch die derzeit entwickelte Standardsoftware für Unterzentralen/Verkehrsrechnerzentralen (UZ/VRZ) zur Verfügung gestellt werden. Diese bietet die Möglichkeit der Einbindung einer einheitlichen und integrierten Lösung zur Online-Bewertung der Akzeptanz und Wirkung geschalteter Geschwindigkeitsanzeigen. Zukünftige in

### 1 Aufgabenstellung

Neben der Möglichkeit der Bestimmung einer Langzeitwirkung einer Verkehrsbeeinflussungsanlage mit den "Hinweise(n) zur Wirksamkeitsschätzung und Wirksamkeitsberechnung von Verkehrsbeeinflussungsanlagen" (FGSV, 2007) besteht im Rahmen der Aufgabenerfüllung für Betreiber einer Streckenbeeinflussungsanlage (SBA) die Notwendigkeit, die Anlagen in regelmäßigen Abständen zu kontrollieren und zu optimieren. Dazu bedarf es der Erstellung aufwendiger Auswertungen in Form von Statistiken über Befolgungsgrade und Schaltgründe aus den erhobenen Daten der Erfassungssysteme. Diese Auswertungen dienen der verkehrstechnischen Optimierung sowie

die Standardsoftware zu integrierende Steuerungsmodelle können die Auswertungen dieser Online-Methoden übernehmen und zur Optimierung von Schaltkombinationen genutzt werden.

Eine Lösung zu den vorab beschriebenen Problemen hinsichtlich eines einheitlichen Bewertungskonzepts, einer automatisierten Auswertung und einer Statistikerstellung erfordert Antworten auf verschiedene Fragestellungen:

- Auf welchem zeitlichen Intervall muss eine Bewertung stattfinden?
- Welche verkehrlichen, mikroskopischen Kenngrößen dienen einer durch die Anlage verursachten Wirkungsbeschreibung?
- Welches Bewertungsmaß und -konzept eignet sich zur Beschreibung der Wirkung?

Zur Beantwortung der Frage nach dem zeitlichen Intervall war zunächst die Systemanalyse einer SBA erforderlich. Das Bewertungsintervall wurde zu einer Minute festgelegt, welche das Grundkonzept eines Regelkreises einer SBA berücksichtigt. Dieses basiert auf der Bestimmung von Schaltempfehlungen aus minütlichen Informationen der Verkehrsstärke, der lokalen Verkehrsdichte und mittleren Geschwindigkeit.

Mögliche beschreibende Kenngrößen waren durch eine Verkehrserhebung und -analyse zu ermitteln. Dazu mussten Beschreibungsgrößen festgelegt werden, welche die Zielkriterien einer SBA darstellen. Um ein Bewertungsverfahren erstellen zu können, waren die identifizierten Beschreibungsgrößen in dimensionslose Bewertungsskalen zu übertragen. Durch eine gleichzeitige Betrachtung mehrerer Größen kann eine multi-kriterielle Bewertung einzelner Verkehrszustände erfolgen. Das Bewertungsverfahren soll vorrangig eine Bewertung der präventiven Schaltungen ermöglichen, welche nach MARZ (BASt, 1999) der Harmonisierung des Verkehrsflusses dienen.

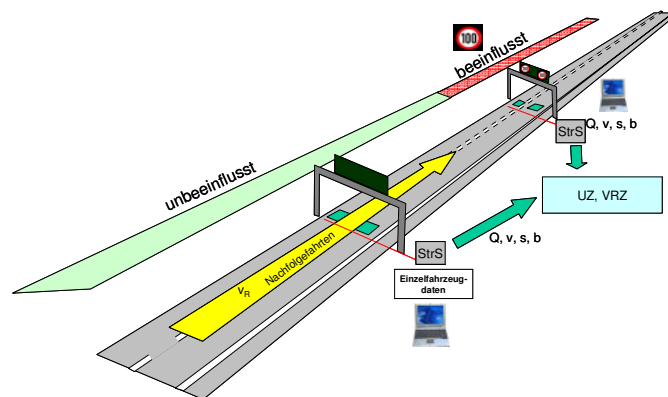
Erschwerend bei der Aufstellung eines Bewertungsverfahrens ist die Tatsache, dass sich bei steigendem Verkehrsaufkommen ebenfalls ein Harmonisierungseffekt einstellt. Es muss daher zwischen Wirkungen differenziert werden, die durch die Anlage erzeugt werden und Wirkungen, die aus der Verkehrsbelastung resultieren. Dies wurde in der Auswertung der empirischen Daten berücksichtigt.

Abschließend fand eine programmtechnische Umsetzung des Bewertungsverfahrens mit dem Ziel statt, die Softwarekomponenten in das vorhandene standardisierte VRZ-Basissystem zu integrieren. Dieses musste die Anforderungen an ein Online-Verfahren erfüllen und eine ausreichend genaue Aussage über die Güte der bewerteten Schaltung liefern.

## 2 Untersuchungsmethodik

Zur Festlegung eines Bewertungsverfahrens über die Wirksamkeit einer SBA wurden zwei Vorgehensweisen für sinnvoll erachtet.

Die erste Methode basiert auf einem Vergleich der Kenngrößen im Mit-Fall gegenüber denselben Größen im Ohne-Fall (Bild 1).



**Bild 1: Prinzipskizze der Datenerhebung**

Folgende mikroskopische Kenngrößen wurden hinsichtlich ihrer Eignung zur Beschreibung von Wirkungszusammenhängen untersucht:

- Nettoabstände [m]
- Standardabweichung der Nettoabstände [m]
- Nettozeitlücken [s]
- Standardabweichung der Nettozeitlücken [s]
- Standardabweichung der Geschwindigkeiten [km/h]
- Auffahrzeiten TTC [s]
- Relativgeschwindigkeiten [km/h]
- Standardabweichung der Relativgeschwindigkeiten [km/h]

Durch diesen Vergleich wird eine relative Bewertung des beeinflussten Verkehrs vorgenommen. Die Skalaweite bzw. obere und untere Schranken einer Kenngröße werden aus der Untersuchung im Mit-Fall abgeleitet. Liegen die Beschreibungsgrößen eines aktuellen Schaltzustands im Bereich der mittleren Beschreibungsgrößen (Regressionsfunktion) des Ohne-Falls, so verhält sich die Schaltung neutral, das heißt, es ist keine Wirkung festzustellen.

Die Untersuchung der mikroskopischen Kenngrößen wurde anhand empirischer Erhebungen auf einem zwei- und einem dreistreifigen, beeinflussten Abschnitt durchgeführt. Nach Auswertung der empirischen Untersuchungen zeigte sich allerdings, dass die relative Bewertung nicht zielführend war. Daher wurde ein zweites Verfahren mit absolutem Bewertungshintergrund aufgestellt.

Das absolute Bewertungsverfahren stellt die zweite Methode dar. Das Konzept beinhaltet die Akzeptanz als hinreichendes Kriterium für eine Wirksamkeit (vgl. Steinhoff, 2003). Die Akzeptanz wird aus Geschwindigkeitsverteilungen ermittelt, die mittels TLS FG1-Typ 53 als Kurzzeitdaten übertragen werden können.

Auf Basis der ersten empirischen Auswertungen und des Konzepts des Mit-ohne-Vergleichs wurden weitere, nicht zwangsläufig mikroskopische Kenngrößen gewählt, um die Wirksamkeit einer Harmonisierungsschaltung nachzuweisen. Die untersuchten Größen waren:

- Akzeptanz/Befolgung der Geschwindigkeitsgebote [%]
- Missachtung des Lkw-Überholverbots [Lkw]
- Zufluss [Kfz]
- Differenzgeschwindigkeit [km/h]
- Fahrstreifenaufteilung [%]
- Standardabweichung der Geschwindigkeiten [km/h]

Ob anhand dieser Kenngrößen eine Wirkung bezüglich der Harmonisierungsschaltung vorliegt, wurde anhand mikroskopischer Fahrzeugdaten eines dreistreifigen, beeinflussten Abschnitts untersucht.

In diesem Verfahren wird die Einteilung der Skala der Bewertung von theoretisch-logischen Grenzwerten abgeleitet. Am Beispiel der Standardabweichung der Geschwindigkeit würde ein Wert von Null den Optimalwert beschreiben. Eine obere Grenze müsste in diesem Fall durch Expertenbefragung festgelegt oder als plausibler Wert aus Untersuchungen abgeleitet werden.

## 3 Untersuchungsergebnisse

### 3.1 Nachweis Wirkungszusammenhänge

Zunächst fand eine Beschreibung des Verhaltens der mittleren Größen der Nettoabstände, Nettozeitlücken, Auffahrzeiten TTC (Time-to-Collision) und Relativgeschwindigkeit der Fahrzeuge sowie deren Standardabweichung und der Standardabweichung der Geschwindigkeiten über die Verkehrsdichte statt.

Die kritische Auffahrzeit TTC lieferte im gewählten Minutenintervall keine ausreichende Datenmenge und wurde daher nicht berücksichtigt.

Eine Unterscheidung der angegebenen Schaltbilder wurde nicht durchgeführt, da eine generelle Wirkung der SBA bestimmt werden sollte. Diese Untersuchung wurde für die Strecken A 57 (zweistreifig) und die A 1 (dreistreifig) durchgeführt. Da die Belastungen auf der A 1 nicht ausreichend groß waren und somit nicht alle Geschwindigkeitsschaltzustände auftraten, werden nachfolgend die wesentlichen Erkenntnisse über die mikroskopischen Kenngrößen aus den Untersuchungen zur A 57 dargestellt. Für die gewählten Kenngrößen wurde eine Regressionsanalyse sowohl für den unbeeinflussten als auch für den ersten beeinflussten Querschnitt durchgeführt. Durch Gegenüberstellung der Regressionsgeraden sollte ein möglicher Einfluss der SBA aufgedeckt werden.

Da sich für nahezu alle Kenngrößen ein ähnliches Verhalten wie bei den mittleren Nettoweglücken zeigte, wird das Bewertungsverfahren anhand dieser Größe erläutert. Lediglich für die mittlere Differenzgeschwindigkeit aufeinanderfolgender Fahrzeuge konnte ein unterschiedliches Verhalten festgestellt werden. Der mittlere Nettoabstand der Fahrzeuge verhält sich im Allgemeinen reziprok zur Dichte. Dies konnte mit einem hohen Bestimmtheitsgrad ( $> 0,8$ ) auch für alle Querschnitte sowohl richtungs- als auch fahrstreifenbezogen nachgewiesen werden. Die erwarteten Unterschiede in den Nettoabständen vom unbeeinflussten zum beeinflussten Messquerschnitt konnten nicht festgestellt werden. Die Zusammenhangsfunktionen verhielten sich bei der Gegenüberstellung nahezu deckungsgleich. Somit konnte kein Unterschied und damit kein Wirkungszusammenhang festgestellt werden.

Lediglich für die Differenzgeschwindigkeiten trat ein deutlicher Versatz der Regressionsgeraden bei gleichzeitig hohen Güten durch ein hohes Bestimmtheitsmaß auf. Ein unterschiedliches Verhalten hinsichtlich der mittleren Differenzgeschwindigkeit kann über alle lokalen Dichtebereiche festgestellt werden.

Da ein mögliches relatives Bewertungsverfahren nicht nur auf einer Kenngröße basieren sollte, wurde in Absprache mit dem Betreuerkreis ein weiteres Bewertungsverfahren entwickelt, das anstelle der relativen Wirksamkeit eine absolute Wirksamkeit bestimmt. Die Ergebnisse aus der Analyse der relativen Wirksamkeit, beispielsweise bezüglich der Kenngrößen einer Harmonisierung, flossen in diesen neuen, verbesserten Ansatz ein.

Das zweistufige Bewertungskonzept von Steinhoff (Steinhoff, 2003) erschien für dieses Konzept sinnvoll. Es be-

rücksichtigt zum einen die Akzeptanz der gegebenen Schaltung und zum anderen den vorhandenen Wirkungsgrad. Im Rahmen dieses Bewertungsansatzes werden allerdings abweichende Bewertungskriterien zugrunde gelegt.

#### 3.1.1 Akzeptanz

Die Akzeptanz einer Schaltung ist notwendige Voraussetzung für die Wirkung einer SBA. Wenn die Akzeptanz nicht gegeben ist, kann ein gleichzeitig auftretender harmonischer Verkehrsfluss nicht auf die gegebene Schaltung zurückgeführt werden. Eine Bewertung der Akzeptanz kann aus den Befolgungsgraden der vorgegebenen Geschwindigkeit erfolgen. Bei nicht gegebener Akzeptanz kann entweder auf eine zu restriktive Schaltung (bei großen Überschreitungen) oder auf einen schlecht parametrisierten Algorithmus (bei großen Unterschreitungen) geschlossen werden.

Besondere Einzelercheinungen, wie z. B. Nutzung der Überholfahrstreifen durch Lkw trotz Lkw-Überholverbots, führen dazu, dass innerhalb eines 1-Minuten-Intervalls die Geschwindigkeiten vor allem der Pkw deutlich beeinträchtigt werden. Daher wurde auch die Befolgung des Lkw-Überholverbots in das Bewertungsschema aufgenommen.

Der Harmonisierungseffekt wurde anhand von drei Kenngrößen bewertet, die jeweils ein Harmonisierungsziel darstellen: die dynamischen, querbezogenen und längsbezogenen Kenngrößen.

#### 3.1.2 Dynamische Kenngröße – Differenzgeschwindigkeit

Unter dynamischen Größen wurden Kenngrößen verstanden, die sich mit der Zeit verändern. Da der Verkehrsablauf sowohl ein räumliches als auch zeitliches Phänomen darstellt, sind Abhängigkeiten bei diesen Größen von einem Zeitintervall auf das folgende zu erwarten. Dies kann z. B. ein veränderter Zufluss an einem Querschnitt sein oder ein zeitlich verändertes Verhalten in einer anderen Kenngröße (Abstand oder Geschwindigkeit). Die Vermutung, dass der Zufluss sich über die Strecke homogenisiert, konnte nicht nachgewiesen werden. Als zweite dynamische Größe wurden die Differenzgeschwindigkeiten aufeinanderfolgender Minutenintervalle hinsichtlich Fahrtrichtung und je Fahrstreifen untersucht. In statistischen Untersuchungen konnte eine signifikante Veränderung festgestellt werden.

#### 3.1.3 Querschnittsbezogene Kenngröße – Fahrstreifenaufteilung

Unter querschnittsbezogenen Kenngrößen wurden Kenngrößen verstanden, die eine Harmonisierung des Verkehrs zwischen den verschiedenen Fahrstreifen eines Querschnitts beschreiben. So könnte eine gleichmäßige Aufteilung der Fahrzeuge über die Fahrstreifen ebenso als harmonisch betrachtet werden wie eine Geschwindigkeitsangleichung, beispielsweise zwischen dem zweiten und dritten Fahrstreifen.

Geprüft wurde der Einfluss der Streckenbeeinflussung auf die Fahrstreifenaufteilung. In statistischen Auswertungen der empirischen Daten ist eine Verbesserung der Fahrstreifenaufteilung auf dreistreifigen Querschnitten zwischen dem zweiten und dritten Fahrstreifen festzustellen.

#### 3.1.4 Längsbezogene Kenngröße Standardabweichung der Geschwindigkeit

Unter längsbezogenen Größen werden Kenngrößen verstanden, die das Verhalten des Verkehrs auf den Fahrstreifen bezogen beschreiben. Denkbare Größen, die einen Harmonisierungseffekt aufzeigen, könnten z. B. die

Standardabweichung der Geschwindigkeiten, die der Zeit- oder Weglücken oder die der Differenzgeschwindigkeiten aufeinanderfolgender Fahrzeuge sein.

Die Verteilung der Standardabweichungen der Kfz-Geschwindigkeiten auf dem dritten Fahrstreifen nimmt in dieser Untersuchung über die Länge der eingeschalteten Anlage ab. Am letzten, unbeeinflussten Querschnitt treten wieder stärkere Abweichungen auf. Offensichtlich lässt bezüglich dieser Größe der Einfluss aus dem letzten beeinflussten Querschnitt wieder nach. Dass diese Zusammenhänge signifikant sind, wurde in statistischen Tests nachgewiesen.

### 3.2 Entwicklung eines Bewertungsverfahrens

Das zu entwickelnde Bewertungsverfahren sollte die untersuchten Kenngrößen in geeigneter Weise berücksichtigen. Um die verschiedenen Kenngrößen vergleichbar zu machen, müssen diese zunächst auf ein dimensionsloses Maß transformiert werden, welches auch eine Skalierung innerhalb einer oberen und unteren Grenze ermöglicht.

Hinsichtlich des Akzeptanzgrades und Wirkungs- oder Harmonisierungsgrades wurden unterschiedliche Bewertungsgrößen oder -indizes ermittelt. Anforderung an die Werteskalen beider Größen ist, dass die Wertungszahlen in einem Intervall von null bis eins liegen.

#### 3.2.1 Akzeptanzindex AI

Der Akzeptanzindex AI beschreibt die Akzeptanz oder den Befolgungsgrad bezüglich einer Anzeige Kombination. Hinsichtlich einer Harmonisierungsschaltung kommt dabei dem Geschwindigkeitsgebot und gegebenenfalls dem Lkw-Überholverbot eine wesentliche Bedeutung zu.

Die Wahl des Befolgungsanteils der Anzeigegeschwindigkeit aller Fahrzeuge auf dem linken Überholfahrstreifen liefert eine Werteskala von null bis eins. Der Bewertungsverlauf kann dabei als linear zur Kenngröße angenommen werden. Dies bedeutet, dass der Zusammenhang zwischen Wertgröße  $w$  (Befolgungsgrad) und Maßzahl  $m$  (Bewertungszahl) linear ist.

Der Befolgungsanteil des Lkw-Überholverbots ist in Abhängigkeit des Fahrstreifens zu betrachten. Zwei- und dreistreifige Querschnitte sind unterschiedlich zu bewerten. Der Einfluss der Lkw auf den äußeren Überholfahrstreifen soll durch eine fallende Sättigungsfunktion abgebildet werden.

Zur Bewertung des Einflusses der Lkw auf dem mittleren Fahrstreifen bei dreistreifigen Querschnitten eignet sich eine "nicht-lineare Straffungsfunktion mit progressivem Verlauf". Ihr liegt die Annahme zugrunde, dass eine hohe Lkw-Anzahl je Minutenintervall den Verkehrsfluss exponentiell stärker behindert, als eine vergleichsweise geringe Anzahl.

$$AI = \beta_v \cdot \alpha_v + \beta_{Lkw\ddot{U}V} \cdot 0,5 \cdot (\alpha_{Lkw\ddot{U}V,2} + \alpha_{Lkw\ddot{U}V,3})$$

- mit:
- AI Akzeptanzindex
  - $\beta_v$  Gewichtungsfaktor Geschwindigkeit
  - $\alpha_v$  Akzeptanzparameter der Geschwindigkeit
  - $\beta_{Lkw\ddot{U}V}$  Gewichtungsfaktor Lkw-Überholverbot
  - $\alpha_{Lkw\ddot{U}V}$  Akzeptanzparameter Lkw-Überholverbot (zweiter/dritter Fahrstreifen)

#### 3.2.2 Harmonisierungsindex HI

Der Harmonisierungsindex HI beschreibt den Grad des homogenen Verkehrsflusses innerhalb eines Minutenintervalls.

Eine nähere Betrachtung der Differenzgeschwindigkeiten über die Zeit zeigte eine Veränderung in der Verteilung auf dem zweiten Fahrstreifen (bei dreistreifigem Querschnitt) von beeinflusstem zu unbeeinflusstem Verkehr. Da der zweite Fahrstreifen im Allgemeinen ein wesentlich ausgeglicheneres Verhalten aufweist als der linke Überholfahrstreifen, kann die Differenzgeschwindigkeit auf dem zweiten Fahrstreifen als Indiz für den Harmonisierungsgrad gelten. Die Wertefunktion für die Differenzgeschwindigkeit als Bewertungsgröße wurde als "nichtlineare Straffungsfunktion mit progressivem Verlauf" festgelegt.

Als Harmonisierungsgröße über den Querschnitt soll bei einem dreistreifigen Querschnitt die Fahrstreifenaufteilung zwischen zweitem und drittem Fahrstreifen gelten. Bei einem zweistreifigen Querschnitt entfällt diese Größe, da die Unterschiede zwischen erstem (Lkw-Fahrstreifen) und zweitem Fahrstreifen sehr groß sind.

Als Harmonisierungsmaß zur Beschreibung des Längsverhaltens des Verkehrs wird die Standardabweichung der Geschwindigkeiten auf dem dritten Fahrstreifen herangezogen. Als Wertefunktion wird eine "nichtlineare Straffungsfunktion mit progressivem Verlauf" gewählt werden.

Die Bewertung des Harmonisierungsgrades erfolgt durch Zusammenführung der Wirkungsgrößen in den Harmonisierungsindex HI. Auch hier können die verschiedenen Größen durch unterschiedliche Gewichte  $\gamma_i$  eingehen.

$$HI = \gamma_{dyn} \cdot \epsilon_{dyn} + \gamma_{quer} \cdot \epsilon_{quer} + \gamma_{l\ddot{a}ngs} \cdot \epsilon_{l\ddot{a}ngs}$$

- mit:
- HI Harmonisierungsindex
  - $\gamma_{dyn}$  Gewichtungsfaktor dynamische Kenngröße
  - $\epsilon_{dyn}$  Harmonisierungsparameter dynamische Größe
  - $\gamma_{quer}$  Gewichtungsfaktor Querschnittsgröße
  - $\epsilon_{quer}$  Harmonisierungsparameter Querschnittsgröße
  - $\gamma_{l\ddot{a}ngs}$  Gewichtungsfaktor Längskenngröße
  - $\epsilon_{l\ddot{a}ngs}$  Harmonisierungsparameter Längskenngröße

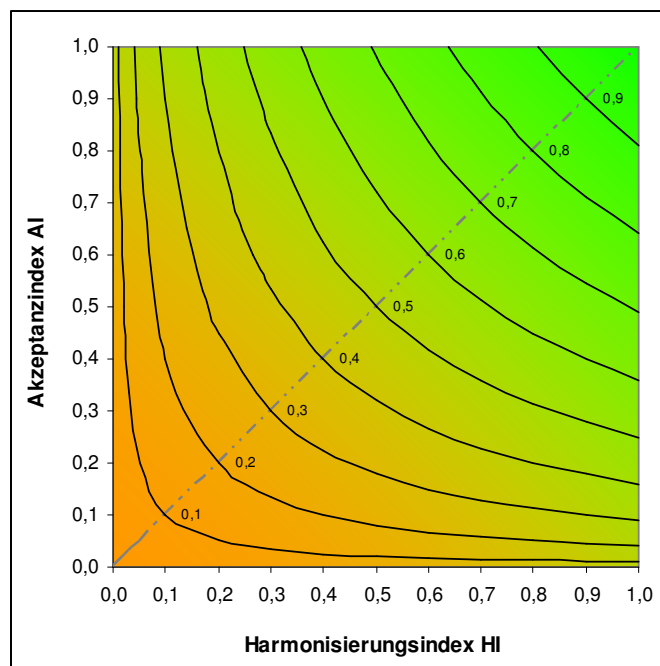


Bild 2: Bewertungsdiagramm

### 3.2.3 Wirkungsindex WI

Zwar können die Größen Akzeptanz- und Harmonisierungsindex für sich jeweils zur Bewertung herangezogen werden, eine gemeinsame Betrachtung kann jedoch Wechselbeziehungen aufdecken und ist daher zielführend. Dazu müssen beide Größen als ein Wertepaar je Minutenintervall aufgefasst werden.

Als Darstellungsform bietet sich das zweidimensionale Stärkedigramm an (Bild 2). Die beiden Bewertungsgrößen werden über das harmonische Mittel gemeinsam bewertet. Diese Größe beschreibt den Wirkungsindex WI der betrachteten Schaltung.

$$WI = \sqrt{AI \cdot HI}$$

## 4 Folgerungen für die Praxis

Aufbauend auf den Ergebnissen der verkehrstechnischen Untersuchungen wurde ein Prototyp entwickelt, der Online-Aussagen zur Wirksamkeit und zur Akzeptanz von geschalteten Geschwindigkeitsanzeigen liefert. Diese wurde für das bundeseinheitliche Software-Basissystem einer VRZ/UZ entwickelt, das als Open-Source-Software zur Verfügung steht.

Im Rahmen der Prototyperstellung wurden folgende Aufgaben durchgeführt:

- Erweiterung des Datenmodells/Datenkatalogs um Zusammenhänge und Objekttypen, zu denen die Bewertung der Wirksamkeit und Akzeptanz durchgeführt werden soll,
- Erweiterung des Datenmodells/Datenkatalogs um Attributgruppen/Aspektkombinationen, die die Ergebnisdaten der Bewertung der Wirksamkeit und Akzeptanz beinhalten,

- Versorgung der speziellen Objekte, die potenziell untersucht werden sollen (welche Objekte untersucht werden, ist online parametrierbar) sowie der funktionalen Zusammenhänge zur Ermittlung der Akzeptanz und Wirksamkeit,
- Erweiterung der Systemarchitektur des VRZ-Basissystems,
- Erstellung einer Softwareeinheit Wirksamkeit, in der die Kennwerte für die jeweils aktuelle Verkehrs-, Umfeld- und Schaltsituation sowie die Wirksamkeit und Akzeptanz ermittelt werden und entsprechende Informationen für den Operator aufbereitet werden sowie
- Erstellung von Visualisierungen zur Wirksamkeit und Akzeptanz.

Der Prototyp der Software wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens entwickelt und steht für den praktischen Einsatz zur Verfügung.

## 5 Literatur

- Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) (1999): Merkblatt für die Ausstattung von Verkehrsrechnerzentralen und Unterzentralen (MARZ 99), Ausgabe 1999, Bergisch Gladbach.
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (2007): Hinweise zur Wirksamkeitsschätzung und Wirksamkeitsberechnung von Verkehrsbeeinflussungsanlagen, Ausgabe 2007, Köln.
- Steinhoff, C. (2003): Online Bewertung der Akzeptanz und der Wirksamkeit präventiver Maßnahmen durch Streckenbeeinflussungsanlagen auf Autobahnen, München, Dissertation (Schriftenreihe des Lehrstuhls für Verkehrstechnik der Technischen Universität München ; 1).