

Gestaltung von Geschwindigkeitsempfehlungen während der Annäherung an eine Ampel

Stephan THOMA und Thomas LINDBERG

*BMW Group Forschung und Technik
Hanauer Str. 46
80992 München*

Gudrun KLINKER

*Technische Universität München
Institut für Informatik / I1
Boltzmannstraße 3
D-85748 Garching b. München*

Kurzfassung: Projekte wie INVENT oder Travolution zielen unter anderem darauf ab, durch eine verstärkte Vernetzung von Fahrzeug und Infrastruktur den Verkehrsfluss in Innenstädten gleichmäßiger und effizienter zu gestalten. Zum Beispiel kann dem Fahrer durch die Aufrüstung von Ampeln mit Kommunikationstechnik eine Empfehlung für eine optimale Geschwindigkeit während der Annäherung an eine Kreuzung gegeben werden. Dies erhöht den Fahrkomfort und reduziert gleichzeitig den CO₂-Ausstoß, indem es unnötige Wartezeiten vor roten Ampeln vermeidet.

In einem Fahrsimulationsversuch wurden drei verschiedene Anzeigevarianten für einen Ampelassistenten untersucht und bezüglich Verständlichkeit, Akzeptanz, Effektivität und Ablenkung verglichen.

Schlüsselwörter: Verkehrsführung, Ampelassistent, Geschwindigkeitsempfehlungen.

1. Motivation

Um eine optimale Ausnutzung der vorhandenen Verkehrsinfrastruktur zu erreichen, werden unter anderem Maßnahmen zur gezielten Beeinflussung des Verkehrsflusses ergriffen. Dazu gehören verkehrsabhängige Geschwindigkeitsbegrenzungen auf Autobahnen, aber auch aufeinander abgestimmte Ampelschaltungen in Innenstädten. All diese Maßnahmen sollen dabei helfen, das Autofahren komfortabler zu machen und den Ausstoß von CO₂ zu reduzieren. Infrastructure-2-Car Kommunikation bietet hierbei die Möglichkeit, das Verhalten einzelner Verkehrsteilnehmer noch gezielter zu beeinflussen, indem zusätzliche Informationen mit Rücksicht auf die eigene Position und Fahrsituation, jedoch unabhängig von Sicht- oder Straßenverhältnissen, übermittelt werden. Die BMW Forschung und Technik hat deshalb einen Ampelassistenten entwickelt,

welcher den Fahrer zum einen vor der Überfahrt einer roten Ampel warnt und zum anderen Empfehlungen gibt, mit welcher Geschwindigkeit die Durchfahrt während der Grünphase möglich ist. In dieser Arbeit werden zwei Anzeigevarianten zur Geschwindigkeitsempfehlung mit einer reinen Countdown-Anzeige verglichen.

2. Anzeigekonzepte

Beim HMI-Typ „Countdown“ wird dem Fahrer die Restzeit der jeweiligen Ampelphase in Sekunden angezeigt. zeigt einige Einzelbilder der Anzeige.

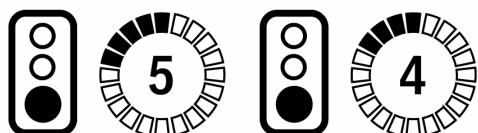


Abbildung 1: Countdown-Anzeige 5 bzw. 4 Sekunden vor dem Umschalten auf Rot

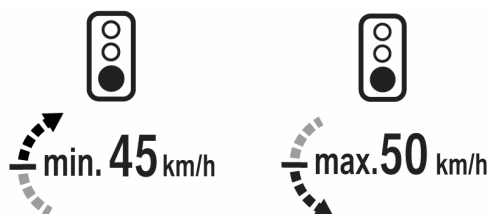


Abbildung 2: Angabe einer Minimal- bzw. Maximalgeschwindigkeit

Für den Fahrer ist es in größeren Abständen zur Ampel schwierig, die Restzeit in eine entsprechende Handlung umzusetzen (beschleunigen, bremsen oder Geschwindigkeit halten). Des Weiteren zeigten an Ampeln montierte Countdownanzeigen nur geringe Effekte (Kidwai et. al. (2005)). Deshalb wird beim HMI-Typ „Min/Max“ aus dem Abstand zur Ampel und der verbleibenden Zeit in der Ampelphase eine Geschwindigkeitsempfehlung berechnet. Abbildung 2 zeigt die Fälle „Beschleunigen“ (hier auf mindestens 45 km/h) und „Abbremsen“ (hier auf unter 50 km/h).

Da die eigentliche Handlungsaufforderung darin besteht, die Geschwindigkeit in einem bestimmten Bereich zu halten, wurde ein drittes Konzept in Anlehnung an Haller (1995) und Voy et. al. (1981) entwickelt, welches farbige Markierungen in der Tachometer-Skala nutzt, um dem Fahrer den Zielbereich mitzuteilen. Abbildung 3 stellt eine Situation dar, in welcher der Fahrer die aktuelle Grünphase durch leichtes Beschleunigen noch erreichen kann. Die Farbbereiche enden bei der zulässigen Höchstgeschwindigkeit nach StVO (hier 70 km/h).

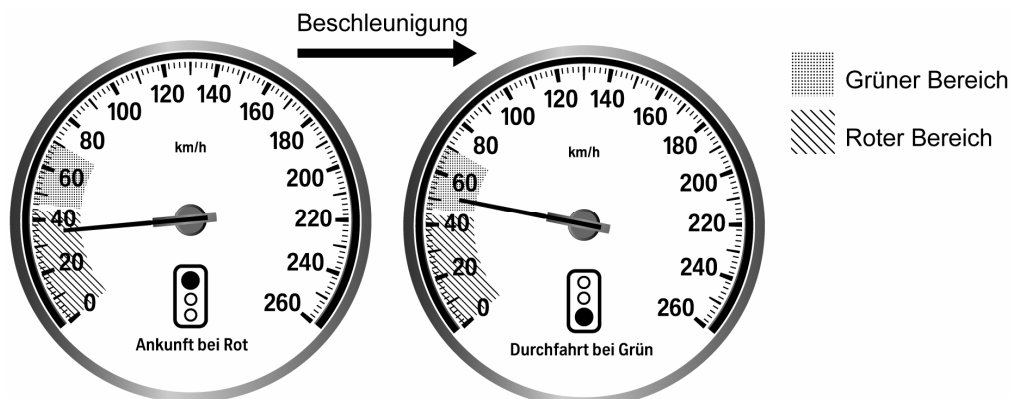


Abbildung 3: Kombi-HMI

3. Versuchsdesign

Die drei Konzepte wurden bezüglich Verständlichkeit, Akzeptanz, Ablenkung und Effektivität verglichen. Die Probanden durchfuhren dazu einen Fahrsimulatorekurs, auf dem sich Ampeln im Abstand von einigen hundert Metern befanden. Die Beurteilung der Verständlichkeit und Akzeptanz erfolgte mittels eines Kurzinterviews bzw. eines Fragebogens. Ein Blickerkennungssystem lieferte eine Aussage über das Ablenkungspotential des jeweiligen Anzeigetyps. Vor dem Hintergrund der anhaltenden Bestrebungen der Automobilhersteller, den CO₂-Ausstoß der Fahrzeuge zu reduzieren, war des weiteren die Effizienz der Varianten von besonderem Interesse.

Für die Messung der Effizienz des Anzeigeprinzips können verschiedene Maße herangezogen werden. Beispielsweise könnte der Kraftstoffverbrauch durch Rechenmodelle ermittelt und damit ein Vergleich über das Einsparpotenzial der verschiedenen MMI-Varianten dargestellt werden. Da dieses Vorgehen jedoch eine detaillierte Nachbildung vieler Fahrzeugkomponenten erfordert, wurde im Rahmen dieser Arbeit ein vereinfachtes Kriterium zugrunde gelegt. Ein MMI für den Ampelassistenten wird dann als effizient eingestuft, wenn es zu einem möglichst gleichmäßigen Geschwindigkeitsverlauf während der Annäherung an eine Kreuzung führt. Um ein skalares Maß für eine Ampeldurchfahrt zu erhalten, wurde das Integral des Betrags der Beschleunigung des Fahrzeugs verwendet (300 Meter vor, bis 50 Meter nach der Ampel). Dieser Wert ist umso größer, je mehr Beschleunigungs- und Verzögerungsvorgänge die Probanden durchführen. Die Ampeln im Simulatorekurs wurden so geschaltet, dass kontrolliert jeweils eine der folgenden sechs Situationen zustande kam:

- „Immer Rot“: unabhängig vom Verhalten des Fahrers muss an der Ampel angehalten werden.
- „Immer Grün“: unabhängig vom Verhalten des Fahrers kann die Ampel bei Grün passieren werden.
- „+5 km/h“, „+15 km/h“, „-5 km/h“, „-15 km/h“: Die Geschwindigkeit muss um 5 bzw. 15 km/h erhöht/verringert werden, um die Ampel bei Grün passieren zu können.

Zwischen den Ampeln, und wenn keine anderen Anzeigen vorhanden waren, wurden die Probanden angehalten eine Geschwindigkeit von ca. 60 km/h zu halten.

4. Ergebnisse

Die Stichprobe bestand aus 23 Männern und vier Frauen. Das mittlere Alter betrug 29 Jahre.

Die Auswertung der Kurzinterviews ergab, dass alle Varianten von den Probanden ohne zusätzliche Erklärung verstanden wurden. Die Akzeptanzbewertung mittels Fragebögen zeigte, dass die Variante „Tacho“ von der Mehrheit der Probanden bevorzugt wird. Die Blickzuwendungszeiten sind bei der Variante „Countdown“ tendenziell niedriger als bei den beiden anderen Varianten. Signifikante Unterschiede traten jedoch aufgrund zu starker Streuung der Daten keine auf.

Abbildung 4 zeigt die Analyse des Beschleunigungsintegrals für die verschiedenen HMI-Varianten und die entsprechenden Szenarien. Im Szenario „Immer rot“ müssen die Probanden zuerst von 60 km/h auf Null verzögern und dann wieder

beschleunigen. Deshalb ergeben sich Werte knapp über 120 km/h. Die Werte der anderen Szenarien liegen niedriger als dieser „worst case“.

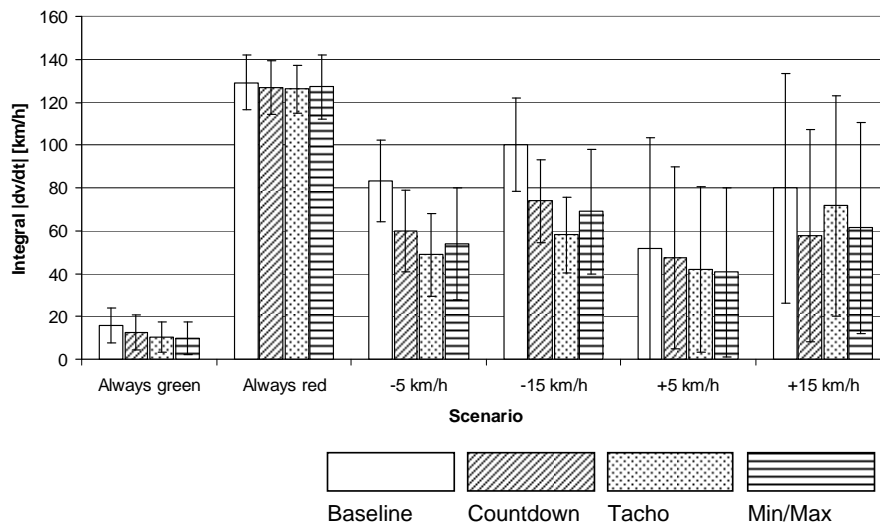


Abbildung 4: Effizienz der verschiedenen Varianten

Eine Varianzanalyse mit Messwiederholung ergab einen signifikanten Effekt für den HMI-Typ ($F(3, 54)=10.02, p<.001$) und das Szenario ($F(5, 90)=108.60, p<.001$). Paarweise Wilcoxon Tests zeigten, dass das Tacho-HMI in den Szenarien „-5 km/h“ und „-15 km/h“ signifikant besser abschneidet als die beiden anderen HMI-Typen und die Baseline. Selbst im Szenario „Immer Grün“ zeigten alle HMI-Varianten einen signifikanten Vorteil zur Baseline. In den Szenarien „+5 km/h“ und „+15 km/h“ streuen die Werte stark, da nicht alle Probanden den Empfehlungen des Systems gefolgt sind. Es ergeben sich deshalb keine signifikanten Unterschiede.

Die Tachoanzeige zur Empfehlung einer Geschwindigkeit hat somit die höchste Akzeptanz und beeinflusst das Fahrverhalten am effektivsten. Abgesehen von der rechtlichen Absicherung müssen weitere Untersuchungen zeigen, wie eine solche Anzeige auch im realen Straßenverkehr genutzt wird und damit den gewünschten Effekt erzielt.

5. Literatur

1. Haller, R. (1995). *Anzeigevorrichtung zur Darstellung von Differenzgeschwindigkeiten*. Offenlegungsschrift Patent DE 4325721 A1.
2. Hewage, K. & Ruwanpura, J. (2004). *Optimization of Traffic Signal Light Timing Using Simulation*. Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference.
3. Kidwai, F. A., Ibrahim, M. R. & Karim, M. R. (2005). *Traffic Flow Analysis of Digital Count Down Signalized Urban Intersection*. Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 5, pp. 1301 – 1308
4. Voy, C., Zimdahl, W., Mainka, W., Stock, F. (1981). *Einrichtung zur Verkehrsführung nach dem Prinzip der grünen Welle*. Offenlegungsschrift Patent DE 3126481 A1.