

Effizienzsteigerungsmöglichkeiten für Kfz- Beleuchtungssysteme durch Analyse der Verkehrssituation

Korbinian Kunst¹, Anil Erkan¹, Lily Antoinette Engelbrecht-Schnür¹, David Hoffmann¹,
Markus Peier¹, Timo Singer¹, Tran Quoc Khanh¹

1: Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet für Adaptive Lichttechnische Systeme und Visuelle
Verarbeitung, Hochschulstr. 4a, 64289 Darmstadt, Germany

Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit ist es, durch die Analyse von Verkehrsstatistiken nächtliche Verkehrssituationen zu identifizieren, die das Potenzial zur Effizienzsteigerung haben. Dazu können Staus, der Berufsverkehr oder der nächtliche Verkehr in beleuchteten Gebieten gehören. Eine solche Anpassung könnte zum Beispiel das Umschalten von Abblendlicht auf Tagfahrlicht im Stau sein. Die Analyse zeigt, dass vor allem der Berufsverkehr in der Dämmerung und der städtische Nachtverkehr für weitere Untersuchungen in Betracht gezogen werden sollten, da diese das meiste Einsparpotential darbieten.

Index Terms: Nachhaltigkeit, Kfz-Lichttechnik, Energieeffizienz, Verkehrsstatistik

1 Einleitung

Um solche relevanten Anwendungsfälle im Straßenverkehr zu identifizieren, werden verschiedene Verkehrssituationen betrachtet und analysiert. Aus dieser Betrachtung wird dann eine Relevanzanalyse für das höchste Effizienzsteigerungspotential ohne Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit durchgeführt.

2 Verkehrssituationen

In diesem Abschnitt erfolgt die Analyse der Verkehrssituation auf der Grundlage von Verkehrsstatistiken. Die Grundlagen für die Analyse werden im Wesentlichen aus der Verkehrsstatistik für Deutschland abgeleitet.

Ausgangspunkt aller nachfolgenden Betrachtungen ist die jährliche Gesamtfahrleistung der Pkw in Deutschland, die im Jahr 2019 bei 644,8 Mrd. km lag [1]. Weiterhin wird ein Nachfahranteil von 20 % angenommen [2-4].

2.1 Stau

Der Stau (siehe Abbildung 1) ist für die meisten Verkehrsteilnehmer die wohl ärgerlichste Verkehrssituation.



Dennoch gehört er zu den Verkehrssituationen, die aufgrund der Anzahl der beteiligten Fahrzeuge ein hohes Potenzial für Effizienzsteigerungen aufweisen können.

So gab es im Jahr 2019 in Deutschland insgesamt 708.500 Staus mit einer Gesamtlänge von ca. 1,4 Mio. km und ca. 521.000 Stautunden [5].



Abbildung 1: Staus bieten hohes Potential für Energieeffizienzsteigerungen [6,7]

Zur Klärung der Frage, welche Lichtfunktionen zur Effizienzsteigerung im Stau zu berücksichtigen sind, werden die Stausituationen bei Tag und bei Nacht getrennt betrachtet.

Während der Fahrt bei Tageslicht wird nur das Tagfahrlicht in den Scheinwerfern aktiviert, um die Sichtbarkeit des Fahrzeugs zu verbessern. In einer Stausituation ist diese Information nicht zwingend erforderlich, da sich die relevanten Verkehrsteilnehmer auch im Stillstand in unmittelbarer Nähe befinden. Es wäre daher denkbar, die Tagfahrlichtfunktion hier abzuschalten oder zumindest zu dimmen. Im Heckbereich ist bei Stausituationen das Bremslicht aktiv, das bei Tag nicht verändert werden sollte, da die Bremslichtfunktion zusätzlich zu den blinkenden Warnblinkleuchten dem nachfolgenden Verkehr das Stauende signalisiert.

Wird die Stausituation bei Nacht betrachtet, werden sowohl das Abblendlicht, das für die Sicht des Fahrers verantwortlich ist, als auch das Positionslicht des Scheinwerfers eingeschaltet. Gleichzeitig kann das Abblendlicht in einer Stausituation seine eigentliche Funktion nicht mehr erfüllen, da es nur das Heck des vorausfahrenden Fahrzeugs ausleuchtet. Die Funktion des Abblendlichts ist daher in nächtlichen Stausituationen obsolet und könnte durch das Tagfahrlicht oder das Positionslicht ersetzt werden.

Im Gegensatz zu Stausituationen am Tag könnte die Bremslichtfunktion bei nächtlichen Stausituationen abgeblendet werden, da bereits geringere Kontraste

ausreichen, um die Signalfunktion zu erfüllen. Ein weiterer positiver Effekt des Abblendens der Bremslichtfunktion wäre die Reduzierung des Blendpotenzials für den nachfolgenden Verkehr.

Für die Regelung des Tagfahrlichts am Tag und des Abblendlichts bei nächtlichen Staus könnten vorhandene Sensoren wie Geschwindigkeits- und GPS-Sensoren verwendet werden. Für die Regelung des Bremslichts könnten Parksensoren zur Erkennung des nachfolgenden Verkehrs eingesetzt werden.

2.2 Hauptverkehrszeiten in der Abenddämmerung

Eine weitere Verkehrssituation, die ein hohes Potenzial für Effizienzsteigerungen haben könnte, ist der Pendlerverkehr in der Dämmerung (siehe Abbildung 2). In Deutschland fahren 68 % der Erwerbstätigen mit dem Auto zur Arbeit, und die meisten Pendler benötigen zwischen 10 und 60 Minuten (72,1 % der Erwerbstätigen) für den Weg zur Arbeit [8]. Folglich liegen die Hauptverkehrszeiten in Deutschland ungefähr zwischen 06:30 und 08:30 Uhr am Morgen und zwischen 15:30 und 17:30 Uhr am Nachmittag [9].



Abbildung 2: Hauptverkehrszeit in der Abenddämmerung [10,11]

Bei 45,4 Millionen Erwerbstätigen [12] gibt es somit etwa 30,9 Millionen Pendler. Um die Pendlerzeit in der Dämmerung abzuschätzen, werden der Sonnenaufgang und der Sonnenuntergang in Darmstadt als Beispiel genommen (siehe Abbildung 3) [13].

Bei der Betrachtung von Sonnenaufgang und Sonnenuntergang wird deutlich, dass der Berufsverkehr vor allem in den Wintermonaten von November bis Februar in der Dämmerung stattfindet, also etwa ein Drittel des Jahres.

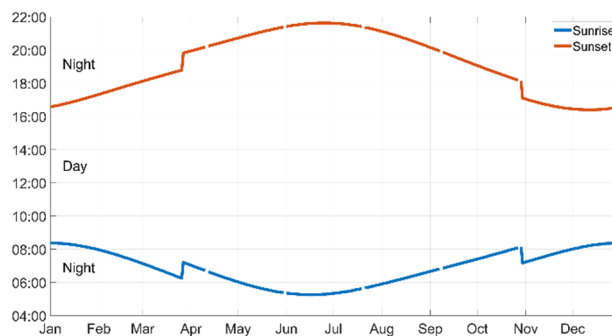


Abbildung 3: Verlauf von Sonnenaufgang (blau) und Sonnenuntergang (rot) über das Jahr in Darmstadt, Deutschland [13]

Für die Betrachtung der Gesamtdauer des Berufsverkehrs in der Abenddämmerung werden auf der Grundlage der gezeigten Daten folgende Annahmen getroffen. Es wird von einer Pendeldauer von einer Stunde am Morgen und einer Stunde am Nachmittag ausgegangen, wovon ein Drittel in der Dämmerung stattfindet. Daraus ergibt sich eine Pendeldauer von 0,67 Stunden in der Abenddämmerung pro Tag. Bei etwa 250 Arbeitstagen pro Jahr summiert sich die Pendelzeit in der Dämmerung auf etwa 166,67 Stunden pro Pendler. Für alle 30,9 Millionen Pendler beträgt die Pendelzeit in der Dämmerung also 5,15 Milliarden Stunden, wenn jeder Arbeitnehmer allein mit seinem Fahrzeug pendelt.

Eine mögliche Änderung in der Dämmerung kann durch die Anpassung der in der UNECE-Regelung Nr. 48 festgelegten Schwellenwerte für das Umschalten zwischen Abblendlicht und Tagfahrlicht erfolgen. Derzeit muss das Abblendlicht bei Beleuchtungsstärken unter 1000 lx eingeschaltet und über 7000 lx ausgeschaltet werden. [14]

Durch die Ermittlung neuer geeigneter Schwellenwerte könnte das Tagfahrlicht länger genutzt und der Energieverbrauch durch Abschalten des Abblendlichts gesenkt werden. Die eigentliche Einstellung der Lichtfunktionen kann direkt über den bereits vorhandenen Lichtsensor hinter der Windschutzscheibe erfolgen.

2.3 Städtischer Nachtverkehr

Wie zu Beginn dieses Abschnitts erwähnt, beträgt die Gesamtfahrleistung der Pkw in Deutschland etwa 644,8 Mrd. km, wovon etwa 20% in den Nachtstunden erbracht werden. Berücksichtigt man zusätzlich, dass etwa 26% der Pkw-Fahrleistung in städtischen Gebieten erbracht werden [15], so ergibt sich eine Gesamtfahrleistung für den Stadtverkehr in der Nacht von etwa 33,53 Mrd. km. Bei einer durchschnittlichen

Höchstgeschwindigkeit von $27,6 \text{ km h}^{-1}$ für deutsche Großstädte (ermittelt in Leipzig) [16] ergibt sich daraus eine Gesamtfahrzeit von 1,2 Mrd. Stunden im nächtlichen Stadtverkehr. Dies zeigt unmittelbar das enorme Potenzial zur Effizienzsteigerung in dieser Verkehrssituation.

Mögliche Anpassungen würden wiederum das Abblendlicht betreffen. So könnte beispielsweise die Intensität des Abblendlichts aufgrund der in städtischen Gebieten bereits vorhandenen Straßenbeleuchtung deutlich verringert werden (siehe Abbildung 4). Gleichzeitig darf die Sicherheit beim Führen eines Fahrzeugs nicht beeinträchtigt werden. So könnte das Abblendlicht auf eine Vorfeldbeleuchtung reduziert werden, um die Sichtbarkeit des Fahrzeugs und das subjektive Sicherheitsgefühl der Fahrzeuginsassen zu bewahren.



Abbildung 4: Der städtische Verkehrsraum bietet aufgrund der vorhandenen Straßenbeleuchtung ein großes Potenzial zur Effizienzsteigerung

Die Anpassung des Abblendlichts könnte über verschiedene bereits vorhandene Sensoren, wie GPS, den Lichtsensor oder auch Kameras, die zur Steuerung von ADB-Systemen verwendet werden, realisiert werden.

2.4 Ampelanlagen

Auch die Standzeiten während der Rotphasen an Ampelanlagen bieten Potenziale zur Effizienzsteigerung. Ausgehend von einer täglichen Pkw-Betriebszeit in Deutschland von ca. 0,75 Stunden [17] und einem Zeitverlust an Kreuzungen von 10 % [18] ergibt sich für die 48,5 Mio. Pkw [19] in Deutschland eine Gesamtstandzeit von ca. 1,3 Mrd. Stunden, davon 1,1 Mrd. Stunden (80 %) tagsüber und 265,5 Mio. Stunden (20 %) nachts.

Hier, wie auch bei nächtlichen Staus, könnte das Bremslicht gedimmt werden, da zum einen die Ampel selbst bereits das Anhalten signalisiert und zum anderen das Blendpotential für den nachfolgenden Verkehr reduziert werden könnte. Tagsüber sollte die Bremslichtfunktion nicht verändert werden, da hier die Signalfunktion deutlich sichtbar bleiben muss.

3 References

- [1] Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt): “Verkehrs- und Unfalldaten - Kurzzusammenstellung der Entwicklung in Deutschland”, 2021
- [2] Wördenweber, B., Lachmayer, R., Witt, U.: “Intelligente Frontbeleuchtung”, ATZ, 98, 10, 1996
- [3] Kosmas, K.: “Optimierung von adaptiven Kfz-Scheinwerfertechnologien zur Blendungsbegrenzung unter dynamischen Bedingungen”, Ph.D. Thesis, Technical University of Darmstadt, Darmstadt, Germany, 2019
- [4] Stamatiadis, N.; Psarianos, B.; Apostoleris, K.; Taliouras, P.: “Nighttime versus daytime horizontal curve design consistency: Issues and concerns”, J. Transp. Eng. Part A Syst., 146, 3, 2020
- [5] ADAC Staubilanz 2019, <https://presse.adac.de/regionalclubs/suedbaden/adac-staubilanz-2019---191000-kilometer-stillstand.html>, zugegriffen am: 21.09.2022
- [6] NDR: “A1 zwischen Holdorf und Neuenkirchen-Vörden gesperrt”, https://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/osnabrueck_emsland/A1-zwischen-Holdorf-und-Neuenkirchen-Voerden-gesperrt,aktuellosnabrueck6616.html, zugegriffen am: 21.09.2022
- [7] Image source: Deutsche Presse-Agentur dpa/Bernd Von Jutrczenka,
- [8] Redaktionsnetzwerk Deutschland: “Datenanalyse: Autos werden nicht erst seit dem SUV-Boom größer”, <https://www.rnd.de/wirtschaft/datenanalyse-autos-werden-nicht-erst-seit-dem-suv-boom-grosser-6GTM66RRNJEC7EYHR3FQS7Y24Y.html#:~:text=Die%20Auswertung%20von%20Daten%20des,sie%20auf%204%2C60%20Meter>, zugegriffen am: 21.09.2022

- [9] Statistisches Bundesamt (destatis): “Berufspendler”, <https://www.destatis.de/DE/Themen/Arbeit/Arbeitsmarkt/Erwerbstaetigkeit/Tabellen/pendler1.html>, zugegriffen am: 21.09.2022
- [10] Tagesspiegel: “Berufsverkehr: Pendlern fehlen Parkplätze am Berliner Stadtrand”, <https://www.tagesspiegel.de/berlin/pendlern-fehlen-parkplatze-am-berliner-stadtrand-6116299.html>, zugegriffen am: 21.09.2022
- [11] Image source: Deutsche Presse-Agentur dpa, https://www.tagesspiegel.de/berlin/images/heprodimagesfotos83120161128pendlerneu335120161127154847277jpg/alternates/BASE_21_9_W1000/heprodimagesfotos83120161128pendlerneu335120161127154847277jpg.jpeg, zugegriffen am: 21.09.2022
- [12] Statistisches Bundesamt (destatis): “Erwerbstätigkeit”, <https://www.destatis.de/DE/Themen/Arbeit/Arbeitsmarkt/Erwerbstaetigkeit/inhalt.html>, zugegriffen am: 21.09.2022
- [13] Deep Sky: “Mond- und Dämmerungskalender für Deep Sky 2017–2030 Deutschland [PDF]”, <http://deepsky.square7.ch/>, zugegriffen am: 21.09.2022
- [14] Economic Commission for Europe of the United Nations (UNECE): “Regulation No. 48 – Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the installation of lighting and light-signalling devices”, 2019
- [15] Statista: “Verteilung der Fahrleistung von Kraftfahrzeugen im Straßenverkehr in Deutschland nach Ortslage”, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/965022/umfrage/verteilung-der-fahrleistung-von-kraftfahrzeugen-nach-ortslage-in-deutschland/>, zugegriffen am: 21.09.2022
- [16] Statista: “Durchschnittliche Geschwindigkeit auf Hauptverkehrsstraßen deutscher Großstädte zur Hauptverkehrszeit im Jahr 2018”, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1079302/umfrage/durchschnittliche-fahrgeschwindigkeit-zur-hauptverkehrszeit-in-deutschen-grossstaedten/>, zugegriffen am: 21.09.2022
- [17] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI): “Ergebnisbericht: Mobilität in Deutschland – MiD”, 2019
- [18] Schuman, R.: “Traffic Signals Meet Big Data”, <https://inrix.com/blog/suprising-findings-from-the-inrix-signals-scorecard/>, zugegriffen am: 21.09.2022

- [19] Umweltbundesamt: “Verkehrsinfrastruktur und Fahrzeugbestand”,
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/verkehrsinfrastruktur-fahrzeugbestand#lange-der-verkehrswege>,
zugegriffen am: 21.09.2022