

Analyse der Auswirkungen des Klimawandels auf den Straßenbetriebsdienst

FA 4.251

Forschungsstelle: Hochschule Biberach, Institut für Immobilienökonomie und Projektmanagement (IIP) (Prof. Dr.-Ing. C. Holldorb)

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)

Bearbeiter: Holldorb, C. / Hoffmann, P. / Rumpel, F. / Gerstengarbe, F.-W. / Ölsterle, H.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn

Abschluss: November 2013

1 Aufgabenstellung

Der fortschreitende globale Klimawandel wird sich auch in Deutschland in den kommenden Jahren bemerkbar machen. Nicht nur eine erhöhte Durchschnittstemperatur, sondern auch eine prognostizierte Zunahme von Extremwetterereignissen kann deutliche Auswirkungen auf unsere Umwelt haben. Während die Auswirkungen des Klimawandels auf die Straßeninfrastruktur bereits Gegenstand von Untersuchungen sind, ist es jedoch weitgehend offen, wie die Leistungen des Straßenbetriebsdienstes durch den Klimawandel beeinflusst werden.

Gesamtziel des Forschungsprojekts war es, die Wechselwirkungen zwischen Klimawandel und Straßenbetriebsdienst abzuschätzen. Der Schwerpunkt hierbei liegt auf der Ermittlung der Auswirkungen des Klimawandels auf den Straßenbetriebsdienst, wofür in einem ersten Schritt der generelle Einfluss der Witterung auf die Leistungen des Straßenbetriebsdienstes analysiert wird. Aufbauend auf umfangreichen Klimaprojektionen können dann die Änderungen infolge des Klimawandels abgeschätzt werden. Um regional unterschiedliche Auswirkungen des Klimawandels, aber auch verschiedene Randbedingungen für den Straßenbetriebsdienst berücksichtigen zu können, erfolgen diese Untersuchungen für insgesamt zwölf Autobahn- und Straßenmeistereien. Generell werden alle Leistungsbereiche des Straßenbetriebsdienstes in Deutschland auf ihre Witterungsabhängigkeit untersucht, da eine Vielzahl der Arbeiten im Straßenbetriebsdienst in Umfang und Durchführung durch die Witterung beeinflusst werden. Ergänzend erfolgt im FE-Vorhaben eine Abschätzung, inwieweit durch die Optimierung des Straßenbetriebsdienstes die Emission der Treibhausgase reduziert werden kann.

2 Untersuchungsmethodik

Auf Basis einer Literaturanalyse, zwei Workshops sowie Interviews mit Meistereileitern und Fachexperten wurden mögliche Witterungseinflüsse auf Leistungen des Straßenbetriebsdienstes und die dazugehörigen relevanten klimatischen Einflussgrößen abgeleitet. Bei der Auswahl der beteiligten Meistereien wurde darauf geachtet, dass unterschiedliche Klimaregionen, Topografien und verkehrliche Randbedingungen berücksichtigt werden.

Als Datengrundlage für die Analyse des Witterungseinflusses auf den Leistungsumfang des Straßenbetriebsdienstes wurden

die aufgezeichneten Einsatzdaten aus den Jahren 2006 bis 2010 der jeweiligen Meistereien verwendet. Dazu wurden die Personeneinsatzstunden sowie der Salzverbrauch auf Monatsbasis zur Verfügung gestellt. Um den Einfluss der Witterung auf die Einsatzdaten zu ermitteln, wurden die meteorologischen Parameter der meteorologischen Stationen aufbereitet, die im oder in unmittelbarer Nähe des Meistereibereichs liegen. Für ausgewählte Leistungen wurden umfangreiche Korrelationsanalysen durchgeführt, um den Einfluss der Witterung auf den Straßenbetriebsdienst quantifizieren zu können.

Für die Projektion der Klimadaten in die Zukunft wurde das regionale statistische Klimamodell STARS (**ST**atistical **A**nalogous **R**esampling **S**cheme) ausgewählt. Dieses erzeugt fundierte, räumlich wie zeitlich hoch aufgelöste Abschätzungen regionaler Klimaentwicklungen. Eine wichtige Besonderheit des Verfahrens ist, dass die Simulationsreihen lediglich durch ein vorgegebenes lineares Temperaturregime (etwa Mittelwert und Zunahme über die Simulationsperiode) beschränkt werden. Die Simulationsreihen werden dabei aus vergangenen Beobachtungen der Beobachtungsperiode zusammengesetzt, und zwar so, dass die Neuaneinanderreihung der Beobachtungen eine Temperaturreihe ergibt, die dem vorgegebenen Temperaturregime (Trend) entspricht. Heuristische Kriterien stellen außerdem sicher, dass die Simulationsreihen realistische Jahresgänge und Erhaltungsneigungen aufweisen. Verschiedene Prüfverfahren zeigen, dass das Modell sehr gut in der Lage ist, die beobachtete Klimatologie einer Region zu reproduzieren. Der Vergleich mit einem ähnlichen Experiment eines dynamischen Modells zeigt, dass der statistische Ansatz eine erheblich bessere Übereinstimmung mit den Beobachtungen erbringt.

Als Klimaprojektionen wurden die mit dem STARS-Modell bis in das Jahr 2080 auf Tageswertbasis berechneten 100 Realisierungen des RCP8.5-Szenariums verwendet. Der angegebene Temperaturtrend beträgt 4 K bis 2100. Als Ist-Klima wurde die 20-jährige Beobachtungsperiode 1991 bis 2010 verwendet und die Klimaprojektionen mit drei 20-jährigen Zeitperioden 2011 bis 2030, 2031 bis 2050 und 2061 bis 2080 im Vergleich zu dem Zeitraum 1991 bis 2010 ausgewertet. Der Schwerpunkt der Analyse der zukünftigen Klimaverhältnisse wurde auf die ersten zwei Zeitperioden 2011 bis 2030 und 2031 bis 2050 gelegt, weil die Unsicherheit der Szenarienergebnisse mit zunehmender Entfernung vom Ist-Zustand deutlich zunimmt. Generell wurden die Mittelwerte der zwölf Meistereien analysiert und nur in besonderen Fällen die Werte der einzelnen Meistereien betrachtet.

Die Klimaprojektionen für die drei projizierten Perioden (2011 bis 2030, 2031 bis 2050, 2061 bis 2080) und den Vergleichszeitraum (1991 bis 2010) wurden auf den Straßenbetriebsdienst übertragen, indem auf Basis der ermittelten Witterungsabhängigkeiten mithilfe von linearen Modellen Einsatzstunden rückgerechnet beziehungsweise für die künftigen Perioden projiziert wurden. Der Einfluss von Veränderungen bei den Extremwetterereignissen infolge des Klimawandels auf den Straßenbetriebsdienst wird nicht quantitativ, sondern nur qualitativ beschrieben, da mit diesen Witterungsereignissen im Einzelfall zwar erhebliche Aufwendungen verbunden sein können, diese

sich aber insgesamt nicht signifikant auf das Aufgabenspektrum des Betriebsdienstes auswirken werden.

Zur Abschätzung, inwieweit der Straßenbetriebsdienst optimiert werden kann, um die Emission der klimabeeinflussenden Schadstoffe zu minimieren, wurden auf Grundlage pauschalierter Ansätze die Schadstoffemissionen abgeschätzt, die durch den Straßenbetriebsdienst hervorgerufen werden.

3 Untersuchungsergebnisse

Eine Vielzahl der Leistungen im Straßenbetriebsdienst wird durch die Witterung beeinflusst. Die Witterung kann sich hierbei auf den Umfang, die Häufigkeit sowie die Art der Leistungserstellung auswirken. Eindeutig quantifizieren lässt sich dieser Einfluss für den Winterdienst, bei anderen Leistungen ist zwar ein Trend erkennbar, dass der Aufwand mit der Witterung korreliert, allerdings sind hier auch andere Einflussgrößen maßgebend für den Leistungsumfang.

Bei der Leistung "Schäden an Fahrbahnen beseitigen" ist die Tendenz erkennbar, dass bei geringeren Tagesminima der Lufttemperatur und bei einer höheren Anzahl an Eistagen in den Wintermonaten, das heißt bei kälteren Wintern, vermehrt Personaleinsatzstunden auf dieser Leistung verbucht werden. Allerdings ist die Korrelation sehr gering, sodass eine statistisch abgesicherte Quantifizierung dieses Einflusses nicht möglich ist. Ein Einfluss von Frost-Tau-Wechseln war mit den verfügbaren Tageswerten zur Witterungssituation nicht erkennbar. Für Witterungssituationen, die im Sommer zu Hitzeschäden an der Fahrbahn führen, lassen sich hingegen keine Auswirkungen auf den Leistungsumfang erkennen.

Der Umfang der Mäharbeiten im Intensivbereich wird ebenfalls nicht signifikant durch die Witterung beeinflusst. Weder Lufttemperatur, Dauer der Vegetationsperiode noch Niederschlagsintensität beeinflussen die Personaleinsatzstunden so stark, dass abgesicherte Aussagen möglich sind. Es ist zu vermuten, dass nur extreme Witterungsverläufe das Wachstum so stark beeinflussen, dass der Umfang der Grünpflege angepasst werden muss. Weiterhin kann gegebenenfalls auch zeitweise eine schlechtere Mähqualität in Kauf genommen werden, solange die Verkehrssicherheit nicht unmittelbar beeinträchtigt ist.

Im Winterdienst wurde hingegen eine hohe Korrelation der Einsatzstunden für Räum- und Streueinsätze sowie für den Salzverbrauch in Abhängigkeit der Neuschneehöhe sowie der Anzahl der Tage mit Schneefall, Glatteis oder Eisglätte und Reifglätte ermittelt. Allerdings ist diese Korrelation nur meisteispezifisch gegeben, eine bundesweit einheitliche Quantifizierung ist nicht möglich. Dies bestätigt andere Untersuchungen, zum Beispiel aus der Schweiz, in der Winterindizes ebenfalls nur mit einer regionalen Gültigkeit ermittelt wurden.

Bis 2030 zeigt die Klimaprojektion nur geringe Änderungen der Lufttemperatur. Erst in den weiteren Perioden ist mit einem deutlichen Anstieg zu rechnen, im Winter nehmen die Temperaturen bis 2080 um ca. 3 K zu. Im Sommer ist der Temperaturanstieg geringer ausgeprägt, das Tagesmaximum steigt um gut 2 K, das Tagesminimum hingegen nur um 1 K. Die Niederschläge werden in allen Zeitperioden im Winter zu- und im Sommer abnehmen. Regionale Unterschiede dieser Entwick-

lungen sind nur schwach ausgeprägt. Allerdings führt die Zunahme der Niederschläge im Winter bis 2030 in den Regionen mit niedrigeren Lufttemperaturen (Mittelgebirgslage, Voralpengebiet etc.) zu mehr Schneefall als in den mildereren Regionen.

Für den Straßenbetriebsdienst werden sich die Aufwendungen infolge von Frostschäden an Fahrbahnen bis 2030 kaum verändern. Erst danach wird es aufgrund der deutlichen Erwärmung zu einem signifikanten Rückgang der Frostschäden und damit verbunden auch der Aufwendungen für den Straßenbetriebsdienst kommen. Aufgrund der geringen Korrelation zwischen Aufwands- und Klimadaten sowie der geringen regionalen Differenzierung bei der Klimaentwicklung lassen sich keine regionalen Unterschiede zwischen den Meistereien erkennen.

Auch beim Aufwand für die Grasmahd kann keine abgesicherte Aussage über die Veränderungen aufgrund des Klimawandels getroffen werden, da es zwar zum einen wärmer wird und damit die Dauer der Vegetationsperiode zunimmt, zum anderen aber die Niederschläge im Sommer zurückgehen und damit die Vegetationsperiode insgesamt trockener wird. Bis 2030 wird sich der Aufwand für die Grasmahd nicht signifikant ändern, erst in den darauffolgenden Perioden ist mit einer Zunahme zu rechnen. Tendenziell wird diese Zunahme in höheren Lagen stärker ausfallen, da sich insbesondere hier die Vegetationsperiode verlängert und gleichzeitig der Rückgang der Niederschläge geringer ist als im Flachland. Eine Quantifizierung der Veränderungen ist jedoch nicht möglich, da der Aufwand für die Grasmahd nicht direkt proportional mit der Witterung verläuft, sondern vor allem dann signifikant ansteigt, wenn aufgrund der Witterung ein zusätzlicher Mähzyklus erforderlich ist.

Für den Winterdienst führen die stagnierenden Temperaturen bei gleichzeitigem Anstieg der Niederschläge in den Wintermonaten bis 2030 zu einer Zunahme bei Einsatzstunden und Salzverbrauch um etwa 10 %. In den nachfolgenden Perioden ist mit einer deutlichen Reduktion der Einsatzstunden sowie der erforderlichen Salzmengen um durchschnittlich 16 % bis 2050 und um 40 % bis 2080 gegenüber dem Vergleichszeitraum 1991 bis 2010 zu rechnen. Tendenziell ist davon auszugehen, dass der langfristige Rückgang bei Meistereien im Flachland etwas stärker ausgeprägt sein wird als bei den Meistereien in den Höhenlagen, da im Flachland die Perioden, in denen überhaupt kein Winterdienst erforderlich ist, deutlich zunehmen werden. Die durchgeführten 100 Realisierungen der Klimaprojektion zeigen auch für die Zukunft, dass der Umfang des Winterdienstes von Jahr zu Jahr sehr starken Schwankungen unterliegt. Somit kann es auch bei einer langfristigen durchschnittlichen Abnahme durchaus extreme Witterungsverläufe wie 2010 geben.

Die Entwicklung extremer Witterungsereignisse (Sturm, Starkniederschlag, Dauerregen, Hitze- und Trockenperioden) sowie ihre Auswirkungen auf den Umfang des Straßenbetriebsdienstes lassen sich derzeit nicht quantifizieren. Infolge extremer Witterungsereignisse sind durch den Betriebsdienst insbesondere Kontrollleistungen, Absicherungen sowie Reinigungs- und Aufräumarbeiten durchzuführen. Die Beseitigung umfangreicher Schäden erfolgt in der Regel nicht durch den Betriebsdienst sondern im Rahmen von Erhaltungsmaßnahmen. Daneben

können sich extreme Witterungsperioden auch auf die Arbeitsbedingungen auswirken.

rat ausgeprägt, sodass auf sie flexibel reagiert werden kann.

Bei den Schadstoffemissionen, die durch den Straßenbetriebsdienst hervorgerufen werden, sind zum einen die Emissionen der Betriebsdienstfahrzeuge und zum anderen zusätzliche Emissionen durch den Kfz-Verkehr infolge Verkehrsbehinderungen, die durch Arbeiten des Straßenbetriebsdienstes verursacht werden, zu berücksichtigen. Ihr Umfang ist jedoch, verglichen mit den Gesamtemissionen durch den Straßenverkehr, gering. Für die Fahrzeuge des Betriebsdienstes wurde ein Anteil von knapp 1 % und für die zusätzlichen Emissionen des Kfz-Verkehrs infolge Verkehrsbehinderungen ein Anteil von ca. 0,7 % ermittelt. Maßnahmen, die zu einer Reduktion des Schadstoffausstoßes beitragen, sind jedoch trotz des geringen Anteils vielfach zu empfehlen, da mit ihnen noch weitere Vorteile verbunden sind.

4 Folgerungen für die Praxis

Die Untersuchungen im Rahmen des FE-Vorhabens lassen erkennen, dass unmittelbar keine erheblichen Auswirkungen des Klimawandels auf den Straßenbetriebsdienst zu erwarten sind. Im Wesentlichen sind jedoch folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Der mittlere Winterdienstaufwand wird um ca. 10 % bis 2030 zunehmen; danach ist ein deutlicher Rückgang zu erwarten. Dementsprechend werden zunächst auch die Winterdienstkosten und die Auslastung der Ressourcen zunehmen.
- Die Wahrscheinlichkeit für extreme winterliche Witterungsverläufe wie 2010 verändert sich nicht signifikant, sodass bei heute ausreichender Ausstattung in der Regel keine Erhöhung der verfügbaren Ressourcen notwendig ist.
- Ein Rückgang der Aufwendungen infolge von Frostschäden ist erst langfristig zu erwarten, sodass ein frostsicherer Straßenaufbau entsprechend den geltenden technischen Standards nach wie vor zu empfehlen ist.
- Infolge besserer Wachstumsbedingungen ist langfristig häufiger mit einer zusätzlichen Mahd im Intensivbereich zu rechnen; bis 2030 wird dies jedoch nur vereinzelt erforderlich sein.
- Die Projektion von Extremwetterereignissen kann mithilfe dynamischer Rechenmodelle noch verbessert werden und sollte daher bei Vorliegen entsprechender Daten aus Globalmodellen angepasst werden. Derzeit ist jedoch zumindest für die Periode bis 2030 nicht mit erheblichen Änderungen extremer Witterungsverläufe zu rechnen, sodass sich der Umfang der Kontroll-, Absicherungs-, Reinigungs- und Aufräumarbeiten vorerst nicht signifikant ändern wird.
- Veränderungen des Klimas, insbesondere die tendenzielle Zunahme von Hitze- und Trockenperioden, können sich auf die Arbeits- und Einsatzbedingungen auswirken. Sie sind jedoch voraussichtlich nur mode-