

Umwelt
Bundes
Amt

Für Mensch und Umwelt



KomPass
Kompetenzzentrum
Klimafolgen u. Anpassung

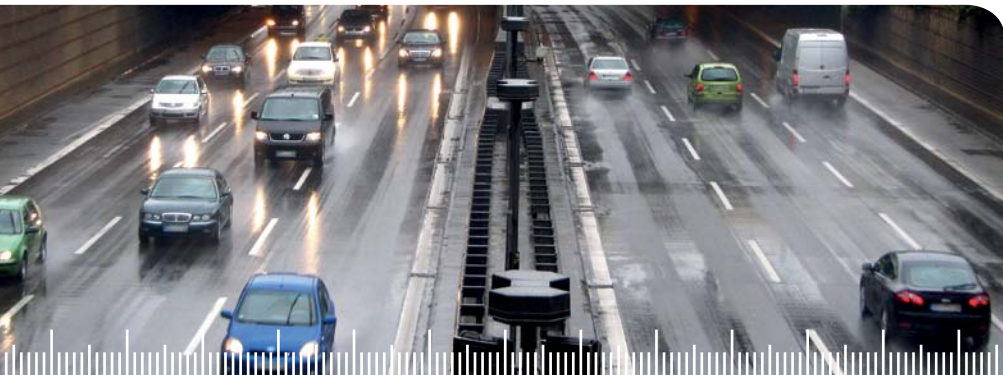


Anpassung an den Klimawandel
VERKEHR

Das Klima ändert sich und mit ihm das Umfeld für Mensch und Umwelt. Grund ist der vom Menschen verursachte Anstieg der Treibhausgasemissionen in der Atmosphäre. Unser Klimasystem reagiert träge, viele Folgen der Emissionen vergangener Jahre spüren wir erst in den kommenden Jahrzehnten. Deutschland nimmt bei der Reduzierung der Treibhausgasemissionen, der Förderung der Energieeffizienz und dem Ausbau der erneuerbaren Energien eine Vorreiterrolle ein. Gleichzeitig müssen wir aber davon ausgehen, dass die bereits eingetretenen und sich abzeichnenden Veränderungen des Klimasystems soziale, ökologische und ökonomische Folgen haben werden – auch in Deutschland. Neben den Anstrengungen zur Reduzierung der Treibhausgase wird es zunehmend wichtig, uns auch an die nicht mehr vermeidbaren Folgen des Klimawandels anzupassen: Mit umfassenden Strategien, die vor Ort umzusetzen sind und mit denen wir rasch beginnen müssen. Während die Diskussion um den Beitrag des Verkehrssektors zum Klimaschutz in vollem Gange ist, dringt das Thema Anpassungsbedarf der Verkehrsinfrastruktur erst seit kurzer Zeit in die wissenschaftliche und politische Diskussion sowie in die Unternehmenspraxis.

KLIMAWANDEL UND KLIMAWANDELFOLGEN IN DEUTSCHLAND

Der Klimawandel zeigt seine Folgen auch bei uns in Deutschland. So ist die Jahresmitteltemperatur bereits in den letzten beiden Jahrzehnten angestiegen und wird auch zukünftig weiter zunehmen. Die Szenarien der Klimaforschung erwarten – abhängig vom verwendeten Klimamodell – zwischen rund 1 und 2,5 Grad Celsius (°C) Temperaturzunahme für den Zeitraum 2021 bis 2050 gegenüber den Zeitraum von 1961 bis 1990. Für den Zeitraum 2071 bis 2100 liegen die Szenarien mit 1,5 bis 3,7 °C sogar noch deutlich höher. Sehr wahrscheinlich ist eine Erwärmung um 2 bis 3°C bis zum Ende dieses Jahrhunderts. Dabei prägt sich der Klimawandel regional und jahreszeitlich sehr unterschiedlich aus. Insgesamt wird es weniger Frosttage und mehr heiße Tage mit Höchsttemperaturen über 30°C geben. Auch wird die Zahl der Tropennächte steigen, d. h. Nächte, in denen die Temperaturen nicht unter 20°C sinken. Weiterhin ist mit mehr und längeren Trockenperioden zu rechnen. Die Niederschläge könnten im Sommer um bis zu 30 Prozent abnehmen.



Szenarien zur zukünftigen Entwicklung extremer Ereignisse wie Trocken- und Dürreperioden, Starkniederschläge, Stürme, Hagel und Gewitter sind im Vergleich zur zukünftigen Temperatur- und Niederschlagsentwicklung allerdings weniger genau. Für alle diese Ereignisse werden jedoch bereits in den nächsten drei Jahrzehnten mit hoher bis sehr hoher Wahrscheinlichkeit Zunahmen erwartet. Lediglich die Zunahme von Stürmen ist weniger gewiss.

BETROFFENHEIT UND ANFÄLLIGKEIT VON VERKEHRSFRAKTRUKTUR

Verkehrsinfrastruktur gilt insgesamt als Kritische Infrastruktur, da von ihrem Funktionieren viele andere wirtschaftliche und gesellschaftliche Funktionen abhängen. Das vorliegende Themenblatt fokussiert insbesondere auf Straßen- und Schieneninfrastruktur. Wasserstraßen werden an anderer Stelle ausführlich behandelt (vergleiche u. a. Projekt KLIWAS). Von den zu erwartenden Klimaänderungen sind für die Verkehrsinfrastruktur insbesondere die Zunahme von Starkregenereignissen, starken Stürmen und Hitzetagen von Bedeutung.

Starkregen und Dauerregenereignisse können den Verkehrssektor in Deutschland gefährden, da sie zu Überschwemmungen, Bodeninstabilität sowie Beeinträchtigungen der Kapazität der Infrastruktur und der Erreichbarkeit von Industrieanlagen führen können. Hinzu kommt ein steigendes Risiko für Erdbeben; dies gilt besonders, wenn Starkregen in ansonsten trockenen Perioden fällt. Eine Überlastung von Drainagesystemen kann außerdem zu länger andauernden Überschwemmungen auf Straßen und Schienen führen. Vor allem Brücken und Tunnel sowie Straßen und Schienen in Küstennähe sind durch Überschwemmungen gefährdet.

3

Neben der Zunahme von Stark- und Dauerregenereignissen ist ein Anstieg der Häufigkeit und Intensität von Stürmen als kritisch für die Funktionsfähigkeit von Verkehrsinfrastruktur anzusehen. Zunehmende Gewitteraktivität und Blitzschlag können zu Ausfällen der Elektrizitätsversorgung und damit auch zu Ausfällen oder Schäden an Signalen und elektronischer Infrastruktur führen. Stürme können außerdem Schäden an hochragenden Anlagen wie Oberleitungen und Verkehrsschildern verursachen sowie Gegenstände, Astwerk und Bäume auf Fahrbahnen und Gleise wehen und so die Verfügbarkeit und Sicherheit von Verkehrsträgern und Infrastruktur beeinträchtigen.

Gefährdungen durch Temperaturveränderungen ergeben sich besonders durch häufige und extreme Temperaturschwankungen und häufige Wechsel von Frost- und Nichtfrosttagen. Erhöhte Temperaturen können zu Material- und Struktur-schäden sowie Verformungen an Straßenbelägen (Spurrillen) und Schienen führen. Materialschäden und Verformungen haben Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit: Verformte Schienen können zu Zugentgleisungen führen und Schäden im

Straßenbelag erhöhen die Unfallgefahr. Auch an Brücken kann es zu thermischer Expansion kommen. Steigende Temperaturen und Hitzewellen erhöhen weiterhin die Gefahr von Vegetations-, Böschungs- und Schwellenbränden entlang von Schienen und Straßen.

Neben zahlreichen möglichen Beeinträchtigungen der Infrastruktur und Verkehrssicherheit können Klimawandelfolgen auch die Gesundheit von Passagieren beeinträchtigen. Im Straßenverkehr wird insbesondere befürchtet, dass Hitzestress zu zunehmenden Herz-Kreislauf-Problemen und geringerer Konzentrationsfähigkeit und dadurch bedingten erhöhten Unfallraten beitragen kann. Generell führen die Klimaveränderungen (Zunahme von Hitzetagen, Starkregenereignissen und Stürmen) zu einer tendenziell stärkeren Abnutzung oder gar zu Ausfällen der Infrastruktur, was verkürzte Lebensdauern, erhöhte Instandhaltungskosten und erhöhte Ersatzinvestitionen nach sich zieht. Infrastrukturschäden wirken sich auch auf den operativen Betrieb aus. Häufigere Verzögerungen im Verkehr haben nicht nur steigende Kosten im Straßen- und Eisenbahnbereich zur Folge, sondern erstrecken sich aufgrund des Netzwerkcharakters auch auf von der Verkehrsinfrastruktur abhängige Wirtschaftszweige und können zu Beeinträchtigungen in der persönlichen Alltagsorganisation führen.

Die Vulnerabilität des Verkehrssektors ist in städtischen Gebieten aufgrund der Dichte von Verkehrswegen größer als in ländlichen Gebieten. Auch in Gebirgsstrecken sowie bei Strecken mit Brücken und Tunneln sind Anpassungsherausforderungen weitaus schwieriger zu bewältigen als auf freien Strecken. Aufgrund von Sturmfluten und seeseitigen Sturmböen sind außerdem Küstengebiete besonders gefährdet. Auf längere Sicht kann der Meeresspiegelanstieg die Sicherheit von Trassen beeinträchtigen oder gar eine Verlegung notwendig machen.

WIE ANPASSEN?

Die Bundesregierung bündelt die Anpassungsaktivitäten in der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS). Die Strategie legt den Grundstein für einen mittelfristigen Prozess, in dem entsprechende Ziele definiert sowie mögliche Anpassungsmaßnahmen entwickelt und umgesetzt werden sollen. In diesem Zusammenhang veranstaltet das Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung im Umweltbundesamt sektorbezogene Stakeholderdialoge. Hier diskutierten Vertreterinnen und Vertreter verschiedenster Akteursgruppen jeweils Anpassungsbedarfe und erarbeiteten erste Handlungsempfehlungen. Der Verkehrssektor wird von Fachleuten als generell anpassungsfähig beurteilt, da bereits heute eine Vielzahl von Anpassungsoptionen, vor allem technische Lösungen, zur Verfügung stehen. Um diese auszuschöpfen ist aber eine erheblich größere Sensibilisierung für die tatsächliche Notwendigkeit der Durchführung von Maßnahmen erforderlich.





Grundsätzlich kann zwischen Anpassungsmaßnahmen in der Planung (Neubau) sowie im Infrastrukturbestand (ex ante) und Maßnahmen der Bewältigung von Schäden durch Extremwetterereignisse (ex post) unterschieden werden.

Ein hilfreiches und kurzfristig zu erstellendes Instrument für die Planung von Anpassungsmaßnahmen ist die regionale Risikokartierung für Extremwetterereignisse (z. B. Stürme), die durch die Wissenschaft entwickelt werden sollte. Hierbei kann unter Umständen auf Methoden der Raumplanung zu Hochwasserrisiken zurückgegriffen werden. Infrastrukturbetreiber sollten für den Infrastrukturbestand eine Risiko- bzw. Betroffenheitsanalyse durchführen. Im Rahmen dieser Analyse kann gleichzeitig ein Abgleich von Notwendigkeit und Verhältnismäßigkeit präventiver Instandhaltungsmaßnahmen vorgenommen werden. Ein zentraler Aspekt für die Infrastrukturplanung ist die Anpassung von Normen an veränderte klimatische Bedingungen. Hier sind Normungsinstitutionen sowie Wirtschaft und Behörden gefordert. Mittels veränderter Normen wird zum einen die Sensibilisierung für bestimmte Risiken erreicht. Zum anderen würde ein eventuell erhöhter Kostenbedarf durch verbindliche Normen auf eine legitimierte Basis gestellt.

5

Kurz- bis mittelfristige Handlungsoptionen bestehen in der Erforschung neuer Materialien und verbesserter Baustoffe. So können neue hitzebeständige Materialien für Straßenbeläge, die Verwendung hitzebeständigerer Asphaltmischungen und endlos verschweißter Schienen sowie eine verbesserte Kühlung von elektronischer Infrastruktur entwickelt und genutzt werden. Ergänzend sollten Infrastrukturbetreiber sowie staatliche Akteure auf unterschiedlichen Ebenen Planungs- und Instandhaltungsprozesse verbessern. Hierzu zählen kürzere Wartungs- und Instandhaltungsintervalle, das Ausfräsen von Spurrillen sowie eine angepasste Straßenführung und Landschaftsgestaltung.

Um Schäden (z. B. Verformungen an Schienen) frühzeitig zu erkennen, ist ein intensives Monitoring der Infrastruktur (z. B. der Schienentemperaturen) empfehlenswert. Daneben sind weitere organisatorische Maßnahmen wie die Vorbereitung auf den Umgang mit Verspätungen und Ausfällen erforderlich. Im Zugverkehr führen geringere Geschwindigkeiten, kürzere Züge oder geringere Beladung zu einer Verkürzung der Bremswege und der Verringerung der Belastung von Schienen. Diese Handlungsoptionen erhöhen jedoch in der Regel den CO₂-Ausstoß und bedürfen daher einer sorgfältigen Abwägung.

Mittelfristige Maßnahmen im Bestand sind die Erneuerung und Ergänzung von Strecken sowie die Planung von Ersatzstrecken. Langfristige Maßnahmen betreffen die Änderung der Straßeninfrastruktur und der Trassenführung. Im Einzelfall sollte die Aufgabe von Strecken in (Hoch-)Risikogebieten nicht ausgeschlossen werden. Wichtig für die mittel- und langfristigen Maßnahmen ist es, in Planungsprozessen verschiedene Verkehrsträger und ihre Wechselwirkungen sowie ihre unterschiedliche Anfälligkeit für einzelne Wetterextreme zu berücksichtigen.

Wesentliche Maßnahmen zu einer verbesserten Bewältigung von eingetreten Schadensereignissen sind die Anpassung und Überarbeitung der Richtlinien des Katastrophenmanagements sowie der Notfall- und Rettungspläne. Diese sind sowohl von unternehmerischen Akteuren als auch von Akteuren der Kommunen und Länder durchzuführen. Hierfür ist eine verstärkte Kommunikation und Kooperation der angesprochenen Akteure notwendig.

Alle Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel sind auf ihre Auswirkungen auf den Klimaschutz zu prüfen. Synergieeffekte können genutzt werden, indem beispielsweise geringere Geschwindigkeiten im Straßenverkehr zu einer geringeren Belastung der Straßeninfrastruktur sowie zu verringerten Treibhausgasemissionen führen. Dagegen wären geringere Geschwindigkeiten im Schienengüterverkehr kontraproduktiv, wenn es dadurch zu einer Verlagerung von Güterverkehr auf die klimaschädliche Straße käme.

FÖRDERNDE UND HEMMENDE FAKTOREN DER ANPASSUNG

Viele der genannten Maßnahmen können bereits mit dem bestehenden Wissen durchgeführt werden. Zukünftige technische Innovationen können dies sogar noch vereinfachen. Zudem gibt es im Rahmen der Instandhaltung und Ertüchtigung die Möglichkeit Infrastrukturen gleich „klimafest“ zu machen. Solche Gelegenheitsfenster gilt es zu nutzen, indem Anpassungsmaßnahmen in die Instandhaltungsplanung integriert werden.

Ein grundsätzlich hemmender Faktor für die Durchführung von Anpassungsmaßnahmen ist die ungeklärte Zuständigkeit in Fragen der Finanzierung. Hier gilt für alle potenziellen Finanzierungskreise (Wirtschaft, Staat, Konsumentinnen und Konsumenten), dass durch ein erhöhtes Problembewusstsein die Finanzierungs- und Handlungsbereitschaft für Anpassungsmaßnahmen und deren verantwortungsbewusste Nutzung gesteigert werden kann. Dies kann z. B. durch eine verstärkte zielgruppenorientierte Öffentlichkeitsarbeit zum Thema erreicht werden. Das in Deutschland traditionell hohe Sicherheitsbewusstsein könnte sich ebenfalls positiv auf die Akzeptanz von Anpassungskosten auswirken und sogar dazu führen, dass Stakeholder auf die Durchführung von Anpassungsmaßnahmen drängen. Anpas-

sungsmaßnahmen verursachen Kosten und zahlen sich in der Regel erst später aus. Kurzfristiges Denken und Planen auf Seiten von Politik und Wirtschaft und Unsicherheiten über die exakten Auswirkungen des Klimawandels erschweren die Integration von Klimawandelfolgen in unternehmerische Entscheidungen und strategische Planung. Unsicherheit besteht daraus folgend bezüglich der Art der zu wählenden Anpassungsmaßnahmen sowie des Zeitpunkts ihrer Durchführung. Diese Unsicherheiten können sowohl zu Über- als auch zu Unteranpassung führen. Es ist darum wichtig, Wissenslücken zu schließen sowie bestehende wissenschaftliche Erkenntnisse anwendungs- und nutzerorientiert aufzubereiten.

Unsicherheit, kurzfristiges Denken, mangelndes Problembewusstsein und fehlende Signalwirkung seitens der Politik führen zu einer geringen Investitionsbereitschaft von Unternehmen. Eine wissenschaftlich solide Herleitung spezifischer Anpassungsnotwendigkeiten und verstärkte zielgruppenorientierte Öffentlichkeitsarbeit können das Problembewusstsein und die Finanzierungsbereitschaft erhöhen.

WIE KANN POLITIK DIE ANPASSUNG UNTERSTÜTZEN?

Von den verschiedenen Akteuren wird stets auf die Notwendigkeit einer „Regieebene“ für Vernetzung und Kooperation sowohl auf unternehmerischer Ebene als auch auf der Ebene der politischen Ressorts verwiesen. Dies ist insbesondere wichtig, um mögliche Nebenwirkungen isolierter Maßnahmen zu erkennen und zu vermeiden. Beispielsweise können Extremereignisse wie niedrige Wasserstände oder Hochwasservorkommnisse die vermehrte Verlagerung von Transporten vom Schiff auf die Schiene erforderlich machen und hier für zusätzliche Belastungen sorgen.

Vor allem die öffentlichen Akteure auf den verschiedenen Ebenen (Bund, Länder, Kreise, Kommunen) sind gefordert, Vergabekriterien und Regelwerke zu überarbeiten sowie Bau- und anderen Normen und Standards vorzugeben, um es zu erleichtern, Klimawandelauswirkungen in Entscheidung und Planung zu integrieren. Beispielsweise hat das Eisenbahnbundesamt (EBA) die Klimawandelproblematik in den EBA-Leitfaden zur Umweltverträglichkeitsprüfung eingebaut. Die Veränderung von Regelwerken und Standards erfordert eine enge Zusammenarbeit von Industrie, Verbänden und zuständigen Behörden. Veränderte Regelwerke können wesentlich zur Veränderung unternehmerischer Praxis beitragen.

Da sich die Verkehrsinfrastruktur zum Teil in öffentlicher Hand befindet, können durch Finanzierung und Implementierung von Anpassungsmaßnahmen Beispiele guter Praxis geschaffen und die Signalwirkung an Unternehmen verstärkt werden. Im Bereich der Kommunikation gilt es, in der Bevölkerung Problembewusstsein für die Auswirkungen des Klimawandels zu bilden, um so Akzeptanz für Anpassungsmaßnahmen und erhöhte Kosten zu deren Finanzierung sowie Verständnis

für nicht zu verhindernde Störungen im Verkehrsablauf und eine angemessene Nutzung angepasster Infrastruktur zu schaffen.

Grundlage für dieses Themenblatt ist die Auswertung einer Reihe von Forschungsprojekten, Literaturquellen sowie eines Fachdialogs des Umweltbundesamtes. Die wichtigsten Projekte und Quellen sind:

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK): Klimawandel – Anpassungsbedarf aus Sicht des Bevölkerungsschutzes; Schutz kritischer Infrastrukturen: <http://www.bbk.bund.de>

Chamäleon – Adaptation an den Klimawandel in Unternehmen der öffentlichen Versorgung: <http://www.klima-chamaeleon.de>

ARISCC – Adaptation of Railway Infrastructure to Climate Change (ARISCC): <http://www.ariscc.org/>

WEATHER: Weather Extremes: Impacts on Transport Infrastructure and Hazards for European regions: <http://www.weather-project.eu>

Department for Transport (2005): The changing climate: its impact on the Department for Transport: <http://www.dft.gov.uk/pgr/scienceresearch/key/thechangingclimateitsimpactto1909>

Lindgren, Johan; Jonsson, Daniel K. & Carlsson-Kanyama, Annika (2009): Climate Adaptation of Railways: Lessons from Sweden. EJTI. 9 (2), S. 164-181.

KLIWAS, Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt, Ressortforschungsprogramm des Bundesministeriums für Verkehr: <http://www.kliwas.de>

..... :
Weitere Projekte können Sie im Projektkatalog des Kompetenzzentrums Klimafolgen und Anpassung (KomPass) unter: <http://www.anpassung.net/projektkatalog> recherchieren.

Weitere Informationen zu den Stakeholderdialogen unter <http://www.anpassung.net/dialog>
..... :

Autoren:

Maja Rotter, Dr. Esther Hoffmann (Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, www.ioew.de), Prof. Dr. Martin Welp (Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde, www.hnee.de)

Redaktion:

Clemens Haße

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Fachgebiet I 17
Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass)
www.anpassung.net

Titelbild:

© Armin Tost (AT)/PIXELIO

Stand: August 2011