

Handlungsfeld Infrastruktur

Klimawirkung „Potenzielle Betroffenheit von Verkehrsinfrastruktur durch Sturzfluten“

1. Was ist unter dieser Klimawirkung zu verstehen?

Mit der Klimawirkung „Potenzielle Betroffenheit von Verkehrsinfrastruktur durch Sturzfluten“ wird der Zusammenhang zwischen Sturzfluten, verursacht durch Starkregenereignisse, und baulichen Strukturen – hier: Verkehrsinfrastruktur – beschrieben. Sturzfluten sind deshalb so problematisch, da sie fast an jedem beliebigen Ort auftreten, gleichzeitig aber auch nur sehr kurzfristig vorhergesagt werden können. Durch erhöhte Fließgeschwindigkeiten und Aufstauungen ist Verkehrsinfrastruktur in Hanglagen oder Senken in besonderem Maße gefährdet. Hohe Sachschäden, aber auch Personenschäden sind in ungeschützten Bereichen jederzeit möglich. Die Karte der Klimawirkungen zeigt, welche Städte und Gemeinden der Region Köln/Bonn (bzw. Stadtbezirke in den kreisfreien Städten) eine stärkere und welche eine weniger starke Betroffenheit gegenüber den Folgen von Starkregenereignissen und damit verbundenen Sturzfluten auf ihre Verkehrsinfrastruktur aufweisen und wie sich diese Betroffenheit zukünftig im Vergleich zur Gegenwart verändern kann.

2. Wie kommt es in der Region Köln/Bonn zu räumlichen Unterschieden bei dieser Klimawirkung?

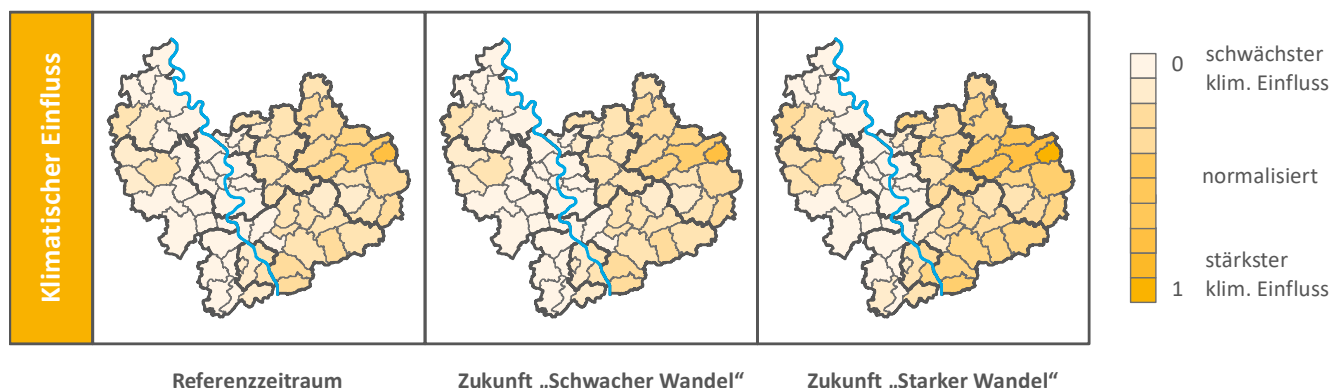
Die Kartensequenz zum klimatischen Einfluss (Abb. 1) zeigt, in welchen Städten und Gemeinden (bzw. Stadtbezirken der kreisfreien Städte) das Sturzflutpotenzial höher und in welchen geringer ist, und zwar für die Gegenwart sowie für zwei Szenarien in der Zukunft (schwacher und starker Wandel), wobei das Szenario „Schwacher Wandel“ dem der Gegenwart entspricht und das Szenario „Starker Wandel“ einen 10%-igen Klimaaufschlag hat. Das Sturzflutpotenzial ist eine aus Starkregendaten und der Geländeneigung

Inhalt:

1. Was ist unter dieser Klimawirkung zu verstehen?
2. Wie kommt es in der Region Köln/Bonn zu räumlichen Unterschieden bei dieser Klimawirkung?
3. Welche Auswirkungen sind für die Region Köln/Bonn bei dieser Klimawirkung zu erwarten?
4. Bedeutung für die räumliche Entwicklung und die Anpassung an den Klimawandel
5. Hintergrundinformation: Welche Eingangsdaten wurden betrachtet?
6. Kennblatt zur Berechnung der Klimawirkung

Stand: August 2018

Abb. 1: Sturzflutpotenzial in der Region Köln/Bonn (vergleichende Darstellung auf Gemeinde-/Stadtbezirksebene)
(eigene Darstellung)



sowie der damit verbundenen Reliefenergie zusammengesetzte Größe. Je dunkler der gelbe Farbton, desto höher ist das Sturzflutpotenzial.

Bei diesem Handlungsfeld flossen in die Betrachtung der Sensitivität (Abb. 2) zwei Indikatoren ein, die miteinander kombiniert wurden: Der Anteil der Verkehrsinfrastruktur an der Gesamtsiedlungsfläche sowie die Stärke der Berufspendlerströme (Ein- und Auspendler pro Kommune). Je dunkler der blaue Farbton, desto mehr und desto intensiver genutzte Verkehrsinfrastruktur befindet sich in der Stadt oder Gemeinde (bzw. bei den kreisfreien Städten im Stadtbezirk).

Die Karten zur Klimawirkung (Abb. 3) ergeben sich aus der Kombination des klimatischen Einflusses (Abb. 1) mit der Sensitivität (Abb. 2). In den Kommunen, in denen ein hohes Sturzflutpotenzial besteht und in denen gleichzeitig ein hoher Anteil an Verkehrsinfrastruktur sowie starke Berufspendlerverflechtungen vorhanden sind, ist auch die Klimawirkung stärker. Umgekehrt ist die Klimawirkung in den Bereichen schwächer, in denen ein geringes Sturzflutpotenzial besteht und sich auch weniger Verkehrsinfrastruktur bzw. schwache Pendlerverflechtungen befinden. Je dunkler der violette Farbton, desto stärker ist die Klimawirkung.

Abb. 2: Verkehrsinfrastrukturflächen und Pendlerströme in der Region Köln/Bonn (vergleichende Darstellung auf Gemeinde-/Stadtbezirksebene) (eigene Darstellung)

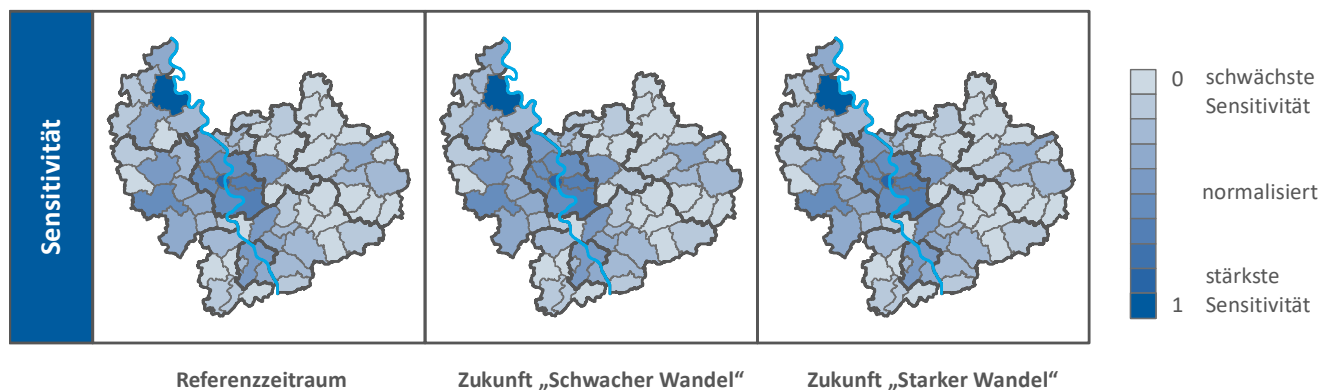
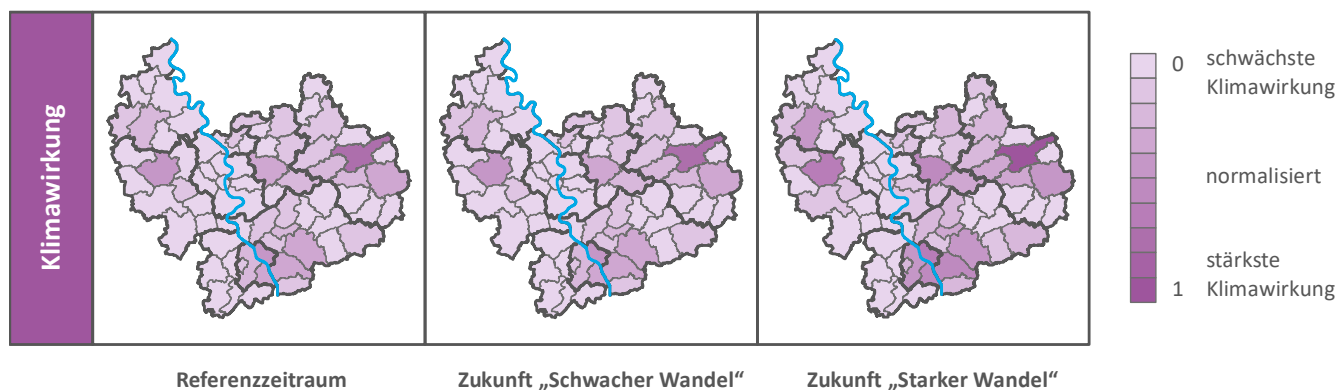


Abb. 3: Klimawirkung „Potenzielle Schäden an Verkehrsinfrastruktur durch Sturzfluten“ in der Region Köln/Bonn (vergleichende Darstellung auf Gemeinde-/Stadtbezirksebene) (eigene Darstellung)



3. Welche Auswirkungen sind für die Region Köln/Bonn bei dieser Klimawirkung zu erwarten?

Der Schwerpunkt der potenziellen Beeinträchtigung von Verkehrsinfrastruktur durch Sturzfluten liegt in den Kommunen bzw. Stadtbezirken der Region Köln/Bonn, die einerseits eine bewegte Topographie und andererseits hohe Verkehrsflächenanteile bzw. intensiv genutzte Verkehrsinfrastruktur besitzen. Die Ausprägung des Sturzflutpotenzials in der Zukunft ist im Szenario „Starker Wandel“ aufgrund des angenommenen Klimaaufschlags stärker als in der Gegenwart und im Zukunftsszenario „Schwacher Wandel“. In der Kartensequenz zum klimatischen Einfluss treten vor allem die Städte und Gemeinden im Bergischen Land deutlich hervor, da dort stärkere Geländeneigungen vorherrschen, gleichzeitig aber auch häufigere und stärkere Niederschläge auftreten können. In den linksrheinischen Gemeinden mit Braunkohlentagebau trägt die stärkere Geländeneigung ebenfalls zu einem höheren Sturzflutpotenzial bei, was bei der Interpretation der Ergebnisse zu beachten ist. Für die Sensitivität sind die Veränderungen zwischen der Gegenwart und den beiden Zukunftsszenarien kaum abzulesen. Dies liegt in erster Linie daran, dass aufgrund nicht zur Verfügung stehender Prognosedaten die Verkehrsinfrastruktur und ihre Nutzungsintensität für die Zukunft als statisch angenommen werden musste. Eine hohe Sensitivität in Bezug auf die Verkehrsinfrastruktur besteht zum einen in den Kommunen und Stadtbezirken entlang der Rheinschiene, die über ein dichtes Straßen- und Schienennetz sowie über hohe Berufspendlerzahlen (vor allem Einpendler) verfügen. Aber auch jenseits der Rheinschiene treten einige Gemeinden insb. aufgrund ihrer hohen Berufspendlerzahlen (insbesondere Auspendler) deutlich hervor, wie z.B. linksrheinisch Kerpen, Bergheim und Grevenbroich sowie rechtsrheinisch Bergisch Gladbach und Gummersbach. Aus diesem Grund haben Gemeinden wie z.B. Kerpen, Neuss oder Gummersbach hohe Sensitivitätswerte. Da es in Zukunft zu deutlich mehr Starkregenereignissen kommen kann, kann auch die Gefahr von Sturzfluten insbesondere im Bergischen Land deutlich zunehmen: Gerade hier gibt es topografisch bewegte Bereiche, die bei auftretenden Starkregenereignissen aufgrund der vorhandenen Reliefenergie zu hohen Fließgeschwindigkeiten führen können. Dies kann zur Über- oder Unterspülung von Verkehrsinfrastruktur und in Verbindung mit dem Geschiebetransport zu erheblichen strukturellen Schäden an Gleisen, Fahrbahnen, Dämmen und Brücken führen. Weiterhin sind die Bonner Stadtbezirke Bonn, Beuel und Bad Godesberg sowie der Rhein-Sieg-Kreis (Königswinter, Hennef) stark betroffen. Diese Aussagen treffen insbesondere für das Szenario „Starker Wandel“ zu. Einschränkung ist zu erwähnen, dass die Analyseergebnisse grundsätzlich keine flächenscharfen Aussagen in Bezug auf Siedlungsbereiche zulassen, sondern nur ein Gesamtpotenzial je Gebietskörperschaft ermittelt wird.

Kernaussagen zur Klimawirkung „Potenzielle Betroffenheit von Verkehrsinfrastruktur durch Sturzfluten“:

- **Klimatischer Einfluss:** Das Sturzflutpotenzial ist vor allem im Bergischen Land vergleichsweise hoch, da wegen der vorhandenen Reliefenergie mit hohen Fließgeschwindigkeiten zu rechnen ist, die über den Geschiebetransport zu strukturellen Schäden an der Verkehrsinfrastruktur führen können.
- **Sensitivität:** Eine hohe Sensitivität besteht sowohl entlang der Rheinschiene als auch – aufgrund des dichten Straßen- und Schienennetzes und der hohen Berufspendlerverflechtungen – in den umliegenden Kommunen (Kerpen, Grevenbroich, Bergisch Gladbach und Gummersbach).
- **Klimawirkung:** Die Betroffenheit ist zwischen der Rheinschiene und dem Bergischen Land, vor allem im Rhein-Sieg-Kreis, sowie in einzelnen Städten und Gemeinden im Bergischen Land am höchsten.

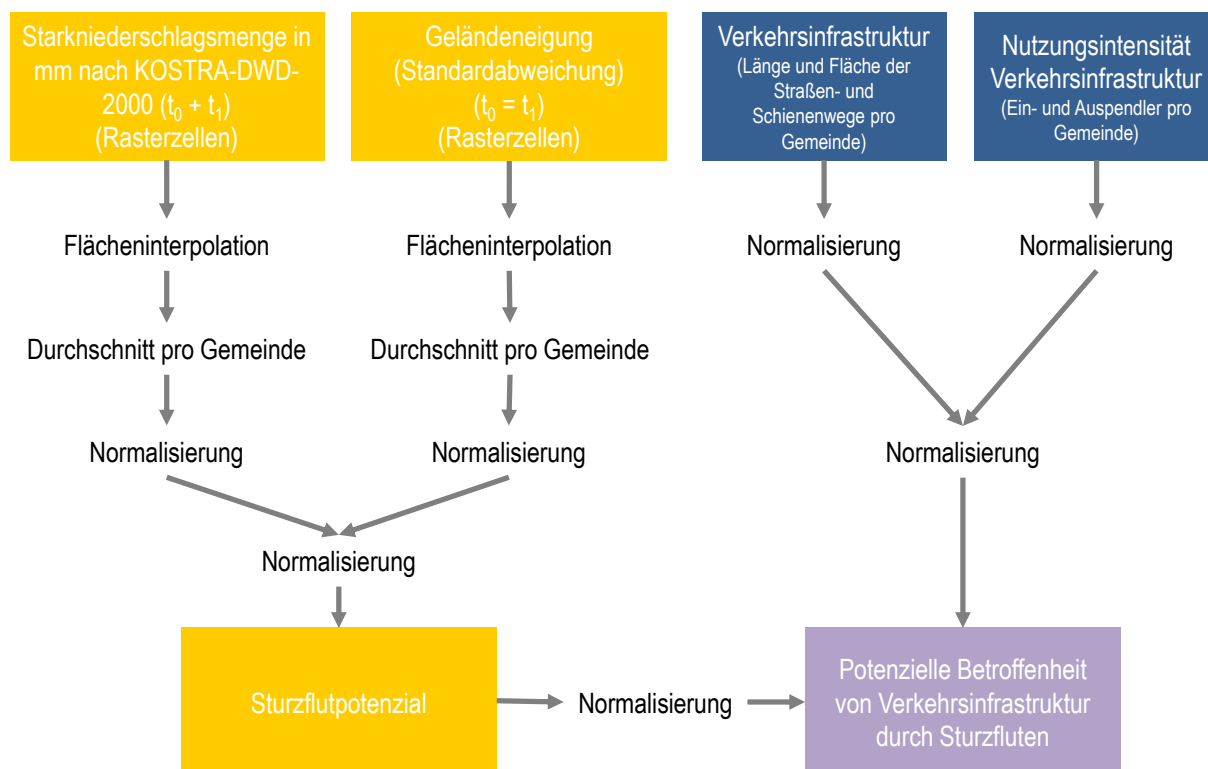
4. Bedeutung für die räumliche Entwicklung und die Anpassung an den Klimawandel

Wichtig beim Umgang mit dieser Klimafolge ist es, auf kommunaler Ebene kleinräumige Niederschlags-Abfluss-Modellierungen durchzuführen, um Fließwege und Senken identifizieren zu können. Diese sind mit den vorhandenen bzw. geplanten Flächennutzungen bzw. Infrastrukturen zu verschneiden, um (Hoch-)Risikobereiche identifizieren zu können. In der Bauleitplanung sollten zudem Notwasserwege und Flächen (wie öffentliche Grünflächen, Parkplätze etc.) festgelegt werden, auf denen oberflächlich abfließendes Niederschlagswasser schadensarm zwischengespeichert werden kann. Damit ließen sich bei Extremniederschlägen auftretende Kapazitätsengpässe in Kanalisation und Rückhaltebecken reduzieren. Der Zielkonflikt zwischen Effizienz und Resilienz tritt auch hier auf: So fordern Effizienz und Freiraumschutz eine Bündelung, Resilienz hingegen eine Redundanz von Verkehrsinfrastruktur. Somit gilt auch hier, in stark gefährdeten Bereichen vor allem kritische Infrastruktur zu ertüchtigen, Ausweichoptionen vorzusehen und auf zusätzliche kritische Infrastruktur (z.B. Verkehrsknoten, bedeutende Umsteigepunkte), die im Ereignisfall besonders vulnerabel sind, in besonders stark gefährdeten Bereichen gänzlich zu verzichten.

5. Hintergrundinformation: Welche Eingangsdaten wurden betrachtet?

Zur Berechnung der Klimawirkung wurden verschiedene Eingangsdaten – zum Klima und dessen Änderung sowie zur Sensitivität – in mehreren Rechenschritten miteinander verknüpft. Um unterschiedliche Eingangsgrößen vergleichbar zu machen, wurden sie vor der Durchführung der

Abb. 4: Schematische Darstellung zur Berechnung der Klimawirkung
„Potenzielle Betroffenheit von Verkehrsinfrastruktur durch Sturzfluten“ (eigene Darstellung)



Rechenschritte normalisiert, d.h. auf einer Skala zwischen 0 und 1 angeordnet. Abbildung 4 zeigt die schematische Verknüpfung der Daten für die Berechnung der Klimawirkung „Potenzielle Betroffenheit von Verkehrsinfrastruktur durch Sturzfluten“.

Klima und Klimaänderung

Eingangsdaten für die Berechnung des klimatischen Einflusses waren die über den Deutschen Wetterdienst (DWD) zur Verfügung stehenden Starkregenspenden nach KOSTRA-DWD 2000 sowie die mithilfe des Digitalen Geländemodells (DGM) ermittelte Geländeneigung. Diese Daten wurden vor der Verrechnung mit der Verkehrsinfrastruktur zum Sturzflutpotenzial verknüpft (s. Abb. 4).

Bauliche, soziale, ökologische und wirtschaftliche Empfindlichkeit

Für die Sensitivität flossen Daten zur gegenwärtig vorhandenen Verkehrsinfrastruktur, ein (Basis DLM, ATKIS). Dabei wurden folgende Kategorien als Grundlage für die verkehrsbezogene Sensitivität verwendet: Straßen der Kategorie I (Bundesautobahnen sowie Bundes-, Landes-, Kreis- und Gemeindestraßen) sowie Schienenwege der Kategorie I (Bahnstrecke, Eisenbahn, S-Bahn, Stadt- und Straßenbahn, U-Bahn). Die Verkehrsinfrastruktur (Länge und Fläche der Verkehrswege) wurde schließlich hinsichtlich der Nutzungsintensität (auf Basis der Pendlerzahlen der Gemeinden Nordrhein-Westfalens) gewichtet. Die Daten für die Pendlerströme, mit denen die Verkehrsinfrastruktur hinsichtlich ihrer Bedeutung gewichtet wurde, stammen von IT.NRW und beschreiben die gegenwärtigen Aus- und Einpendlerströme für alle Kommunen der Region Köln/Bonn.

6. Kennblatt zur Berechnung der Klimawirkung

Klimawirkung	Potenzielle Betroffenheit von Verkehrsinfrastruktur durch Sturzfluten
Handlungsfeld	Infrastruktur
Kurzbeschreibung	Die Klimawirkung beschreibt potenzielle Schäden an der Verkehrsinfrastruktur durch das Auftreten von Sturzfluten (extreme, örtlich begrenzte Starkregenereignisse)
Berechnung der Klimawirkung	Die Klimawirkung wird berechnet, indem die Verkehrsinfrastrukturkomponente mit eingerechneter Nutzungsintensität mit dem Sturzflutpotenzial nach vorheriger Normalisierung multiplikativ verknüpft wird.
Klimatischer Einfluss	Sturzflutpotenzial
Quelle(n)	- Starkregendaten: KOSTRA-DWD-Daten-2000, Deutscher Wetterdienst - Geländeneigung: DGM – Digitales Geländemodell NRW, Stand 2017, Bezirksregierung Köln, Geobasis NRW
Klimaszenario und Ensembles	- Starkregendaten: Gegenwart und Zukunft „Schwacher Wandel“: Dauerstufe D = 24 h, Jährlichkeit T = 100 a; Zukunft „Starker Wandel“: Klimazuschlag von 10% auf gegenwärtige Werte - Geländeneigung: statisch; Wert der Gegenwart wird auch für die Zukunft verwendet
Zeitbezug	- Starkregendaten: Werte für die Gegenwart und Zukunft „Schwacher Wandel“ aus Messergebnissen 1951-2000; Zukunft „Starker Wandel“: gleiche Datenbasis wie Gegenwart, 10%-iger Klimaaufschlag - Geländeneigung: Werte für die Gegenwart in den Jahren 2007-2015 erhoben; Zukunft: statisch, gleiche Werte wie Gegenwart
Raumbezug/Maßstab	- Starkregendaten: Rasterzellen, Größe 8,45 x 8,45 km - Geländeneigung: Rasterzellen, Größe 20 x 20 m
Wertebereich (vor Normalisierung)	Nicht vorhanden, da das Sturzflutpotenzial bereits ein Proxyindikator (Starkregendaten und Geländeneigung) ist, der in normalisierten Werten zwischen 0 und 1 ausgedrückt wird.

Skalierung/Berechnungsvorschrift	Zuerst wird die Reliefenergie als Standardabweichung der Steigung des digitalen Geländemodells in der Region ermittelt und für jede Kommune/Stadtbezirk als normalisierter Wert festgehalten. Im nächsten Schritt wird aus den KOSTRA-DWD-Daten eine Niederschlagshöhe bzw. -spende ermittelt, die wiederum normalisiert wird. Anschließend werden die beiden normalisierten Werte multiplikativ verknüpft, nochmals normalisiert und stellen nun das Sturzflutpotenzial dar.
Bemerkungen	Bei dem Sturzflutpotenzial handelt es sich bereits um eine aus verschiedenen Eingangsdaten berechnete Größe. Dadurch unterscheidet sie sich von anderen klimatischen Einflüssen.
Sensitivität	Verkehrsinfrastruktur mit Nutzungsintensität
Quelle(n)	- Verkehrsinfrastruktur: Digitales Basis-Landschaftsmodell (Basis-DLM) - ATKIS, Stand 2017, Bezirksregierung Köln, Geobasis NRW - Berufspendler nach Geschlecht 2013-2015, IT NRW
Zeitbezug	- Verkehrsinfrastruktur: Gegenwart: 2017, Zukunft: statisch - Berufspendler: Gegenwart: 2013-2015, Zukunft: statisch
Raumbezug/Maßstab	- Verkehrsinfrastruktur: Vektor - Berufspendler: tabellarisch
Wertebereich (vor Normalisierung)	Normalisierter Wert zwischen 0 und 1. Wertebereich der Pendlersumme (Ein- und Auspendler zusammen) zwischen 5.088 (Gemeinde Ruppichteroth) und 93.718 (Stadt Neuss). Wertebereich der Länge der Verkehrsinfrastruktur (Straßen- und Schienenwege) zwischen 16,6 km (Bonn-Hardtberg) und 241,0 km (Stadt Neuss). Die Zahlen beziehen sich auf die Städte bzw. Gemeinden bzw. in den kreisfreien Städten Köln, Bonn und Leverkusen auf die Stadtbezirke.
Skalierung/Berechnungsvorschrift	Erstellung von Vektordaten zu Straßen und Schienen in der Region Köln Bonn. Berechnung sowohl der Fläche als auch der Länge der Infrastruktur. Beide Werte werden normalisiert und additiv miteinander verknüpft. Die Werte werden nochmals normalisiert, womit die Infrastruktur-Komponente der Sensitivität berechnet ist. Für die Berechnung der Pendler-Komponente werden die Ein- und Auspendler für jede Gemeinde aufsummiert, wobei für Köln, Leverkusen und Bonn jeweils durch die Anzahl der Stadtbezirke geteilt wird. Anschließend werden die aufsummierten Pendlerdaten normalisiert. Nun wird der normalisierte Infrastrukturwert mit dem normalisierten Pendlerwert abermals additiv verknüpft und wiederum normalisiert.
Bemerkungen	Folgende Kategorien des Basis-DLM gelten als Verkehrsinfrastruktur: - Straßen der Kategorie I: (42002), Bundesautobahn (1301), Bundesstraße (1303), Landesstraße (1305), Kreisstraße (1306), Gemeindestraße (1307) - Bahnstrecke der Kategorie I: (42014), Eisenbahn (1100), S-Bahn (1104), Stadtbahn (1200), Straßenbahn (1201), U-Bahn (1202)
Literaturhinweise	
-	

Wer sind die Ansprechpartner für die regionale Klimawandelvorsorgestrategie?

Koordiniert durch

Region Köln/Bonn e.V.

Rheingasse 11, 50676 Köln
www.region-koeln-bonn.de

Kontakt: Joris Allofs
Tel.: 0221/925477-64
allofs@region-koeln-bonn.de

Die regionale Klimawandelvorsorgestrategie wird von einem regionalen Lenkungskreis begleitet. Die Mitglieder sind:

- Dr. Joachim Bauer,
Stadt Köln
- Joachim Helbig,
Bundesstadt Bonn
- Anne Hölzer,
Rheinisch-Bergischer Kreis
- Dr. Mehmet Sarikaya,
Rhein-Sieg-Kreis

Bearbeitet von

plan + risk consult Prof. Dr. Greiving & Partner
www.plan-risk-consult.de

Kontakt: Prof. Dr. Stefan Greiving, Dr. Mark Fleischhauer
greiving@plan-risk-consult.de, fleischhauer@plan-risk-consult.de

Bearbeitung: Prof. Dr. Stefan Greiving, Dr. Mark Fleischhauer,
Madeleine Kirstein, Marius Lücke, Florian Hurth

agl Hartz · Saad · Wendl, Landschafts-, Stadt- und Raumplanung
www.agl-online.de

Kontakt: Andrea Hartz, Sascha Saad
andreahartz@agl-online.de, saschasaad@agl-online.de

Bearbeitung: Andrea Hartz, Sascha Saad,
Stephanie Bächle, Eva Lichtenberger



Foto rechts: pixabay

www.klimawandelvorsorge.de

Koordiniert durch

REGION KÖLN BONN

Bearbeitet von



plan + risk consult
Ingenieurgesellschaft für Raumplanung
und Umweltforschung



agl Hartz · Saad · Wendl
Landschafts-, Stadt- und Raumplanung



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung



EFRE.NRW

Investitionen in Wachstum
und Beschäftigung

Das Projekt wird gefördert durch den EFRE NRW und kofinanziert vom Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Eigenanteile werden vom Region Köln/Bonn e.V. erbracht.