

## Case 2: Wirtschaftliche Auswirkungen des Klimawandels und der Klimawandelanpassung unter verschiedenen sozio-ökonomischen Entwicklungen in Deutschland (D4.2.2, GWS)

### Von der Fallstudie adressierte Methoden-Innovationen

- Impact Chain Model and uncertainties/  
Klimawirkungsketten und Unsicherheiten ✓
- Co-production of knowledge/  
Ko-production von Wissen
- Socioeconomic scenarios/  
Sozioökonomische Szenarien ✓
- Transborder climate change risks/  
Grenzübergreifende Klimawandelrisiken

### English Summary

This case study considers future socio-economic developments and extends the impact chain approach by combining it with macro-econometric modeling and scenario analysis. In the case study, different climate impact chains covering three different components of critical infrastructure (transport, energy, health) were investigated in the context of different socio-economic developments. The socio-economic developments are mapped by three national socio-economic scenarios based on the Shared Socioeconomic Pathways (SSPs). The future costs of climate change impacts and adaptation were assessed in a scenario analysis using the national macroeconomic model PANTA RHEI. The results are presented using socio-economic indicators such as gross domestic product so that they are comparable and can serve as decision-support information. The case study illustrates the need for dynamic risk assessments, as the macroeconomic costs of climate impacts and adaptation measures vary significantly between socio-economic scenarios.

## Evaluierung der Ergebnisse

### Überblick

In der Fallstudie wurden verschiedene Klimawirkungen, die drei unterschiedliche Komponenten kritischer Infrastrukturen (Transport, Energie, Gesundheit) abdecken, im Kontext unterschiedlicher sozioökonomischer Entwicklungen (Trend, Stabilität, Dynamik) auf nationaler Ebene untersucht. Die zukünftigen Kosten der Auswirkungen des Klimawandels und der Anpassung wurden in einer Szenarioanalyse unter Verwendung des nationalen makroökonomischen Modells PANTA RHEI bewertet.

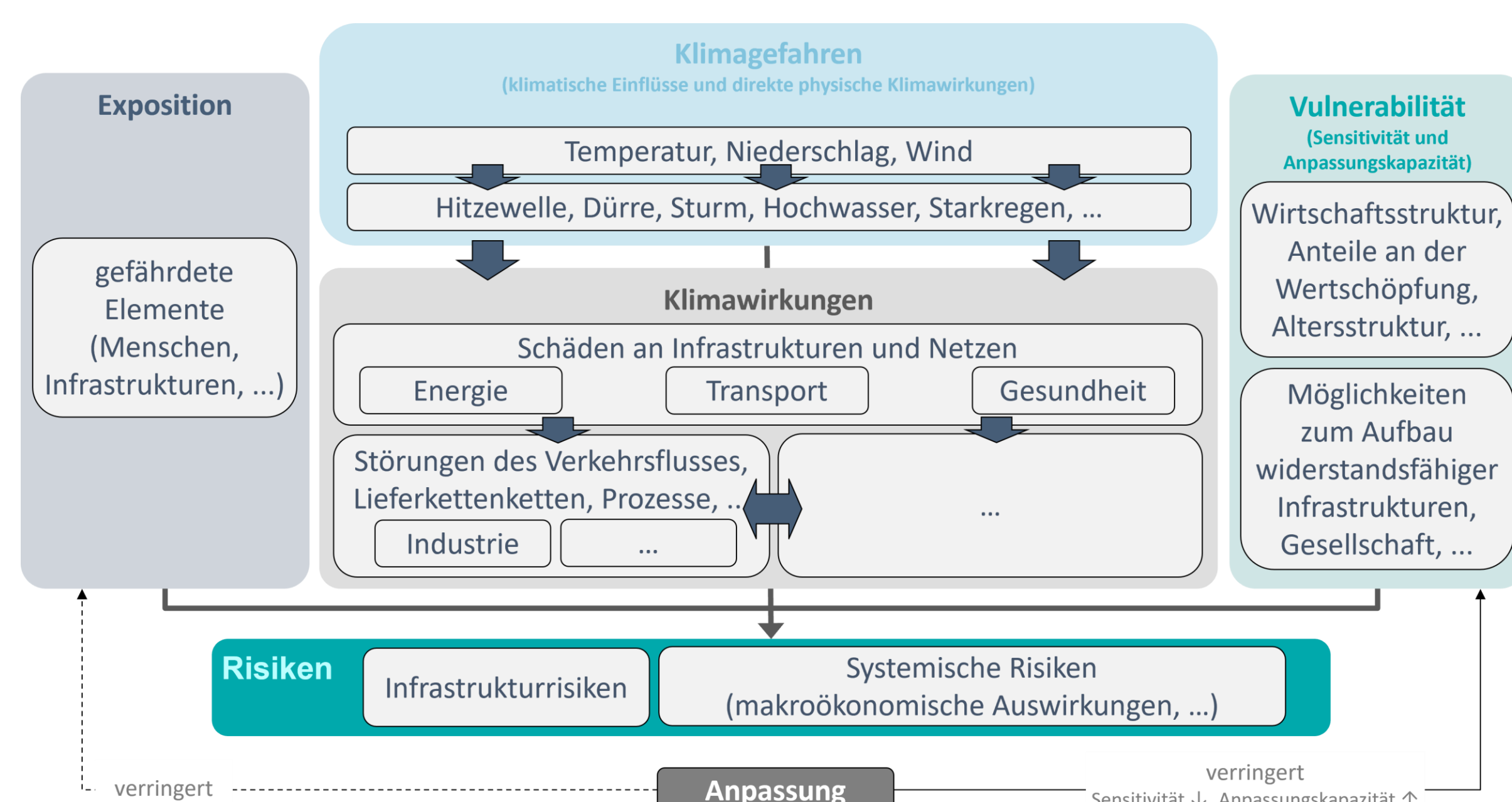


Abbildung: Schematische Darstellung der fallstudienrelevanten Wirkungsketten. Die Visualisierung verbindet die Elemente der Impact-Chain-Methode mit den Anknüpfungspunkten der makroökonomischen Modellierung und Szenarioanalyse.

### Innovationsbereich: Klimawirkungsketten und Unsicherheiten

Die methodischen Verbesserungen der Impact-Chain-Methode zur Bewertung von Klimarisiken und -anfälligkeiten umfassen eine verbesserte Integration quantitativer, qualitativer und dynamischer Aspekte durch die Verknüpfung der Impact-Chain-Methode mit makroökonomischer Modellierung auf nationaler Ebene und die Berücksichtigung von Unsicherheiten in Bezug auf zukünftige sozioökonomische Entwicklungen durch die Verwendung sozioökonomischer Szenarien.

Die Kombination des Impact-Chain Ansatzes mit einer makroökonomischen Modellierung ermöglicht es, die aus qualitativen Wirkungsketten resultierenden komplexen Wirkungszusammenhänge numerisch abzubilden. Hierzu werden die (bio)physikalischen Schäden des Klimawandels zunächst in ökonomische Wirkungen auf Sektorebene übersetzt. Sektorspezifische Wirkungsketten werden dabei erst qualitativ beschrieben und anschließend, als direkte Kosteneffekte, quantifiziert. Diese direkten Kosteneffekte werden dann in der gesamtwirtschaftlichen Modellierung simuliert, um die durch indirekte und induzierte Effekte volkswirtschaftlich insgesamt auftretenden makro-ökonomischen Kosten zu quantifizieren. Die Ergebnisse einer solchen makroökonomischen Bewertung können anhand etablierter sozioökonomischer Berichtsindikatoren (wie dem BIP) dargestellt und für unterschiedliche Szenarioannahmen verglichen werden. Das in der Fallstudie verwendete makroökonomische Modell PANTA RHEI zeichnet sich durch eine detaillierte Modellierung der Wirtschaftsstruktur aus. Dies erleichtert die zur Durchführung der Simulationen notwendige initiale Abschätzung der direkten Kosteneffekte.

### Innovationsbereich: Sozioökonomische Szenarien

Die Fallstudie hat dargestellt, wie sozioökonomische Szenarien in die Bewertung des künftigen Klimarisikos einbezogen werden können, wie ein besseres Verständnis der sozioökonomischen Folgen der Anpassung an den Klimawandel erreicht werden kann und wie Unsicherheiten in Bezug auf die zukünftige sozioökonomische Entwicklung adressiert werden können.

Sozioökonomische Entwicklungen können das Klimarisiko erhöhen oder abschwächen, da diese die Exposition und Vulnerabilität negativ oder positiv beeinflussen. Es wurden daher drei sozio-ökonomische Szenarien (Trend, Stabilität, Dynamik) für Deutschland für eine Simulationsperiode bis 2050 parametrisiert. Als Ausgangspunkt für die nationalen Szenarien dienten die Shared Socioeconomic Pathways (SSPs), die globale Narrative für alternative sozioökonomische Entwicklungen beschreiben. Für das Trendszenario diente SSP2 als Basis und für das Stabilitätsszenario, das eine nachhaltige Entwicklung beschreibt, SSP1. Das dynamische Szenario bildet das Gegenstück zum Stabilitätsszenario und kommt am ehesten SSP5 nahe, hat allerdings keinen vergleichbaren Schwerpunkt auf die Verwendung von fossilen Kraftstoffen.

Die drei sozioökonomischen Szenarien Trend, Stabilität und Dynamik unterscheiden sich insbesondere in ihren jeweiligen Annahmen zu Bevölkerungsentwicklung, und wirtschaftlicher Entwicklung sowie hinsichtlich der Erreichung ausgewählter Nachhaltigkeitsziele in den Bereichen Energie, Verkehr und Klima. Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum sind im Trend- und Stabilitätsszenario identisch, während das Dynamiksszenario eine schnellere sozioökonomische Entwicklung unterstellt. Im Stabilitätsszenario werden die Ziele im Bereich Energie- und Klima erreicht und im Verkehr zumindest überwiegend erreicht. Im Trendszenario ist die Zielerreichung verspätet bzw. liegt diese niedriger, während die Ziele im Dynamiksszenario deutlich verfehlt werden.

### Fazit

Die Fallstudie hat dargestellt, wie makro-ökonomische Modellierung, ex-ante Simulationen und sozioökonomischen Szenarien mit der Impact-Chain Methode verknüpft werden können. Die Resultate der Fallstudie zeigen einen möglichen und plausiblen Ergebniskorridor und verdeutlichen, dass sich die wirtschaftlichen Effekte von Klimawirkungen und Klimaanpassungsmaßnahmen zwischen den verschiedenen sozioökonomischen Szenarien teils erheblich unterscheiden können.

Die Beeinträchtigung des Straßenverkehrs durch Starkniederschläge führt im nachhaltigen Szenario zu geringeren Auswirkungen als im dynamischen Szenario, welches einen höheren Güterverkehr und einen höheren Anteil des Straßenverkehrs beinhaltet. Der Ausbau der erneuerbaren Energien im nachhaltigen Szenario führt auch zu einem geringeren Risiko von Kühlwasserknappheit für thermische Kraftwerke aufgrund von Hitze und Trockenheit im Vergleich zum dynamischen Szenario, das weitgehend auf konventioneller Stromerzeugung basiert. Im Gegenzug unterscheiden sich die Auswirkungen von Hitze auf die Nachfrage nach Gesundheitsleistungen zwischen den verschiedenen Szenarien nur geringfügig, allerdings gibt es in der Zukunft bei allen drei Szenarien einen erheblichen demografischen Effekt. Die Ergebnisse unterstützen so die bisherige Risikobewertung und verdeutlichen weitergehende Möglichkeiten zur Umsetzung integrierter dynamischer Risikobewertungen.