



# RISIKOANALYSEN UND RISIKO- VORSORGE IM REGIONALEN KONTEXT

Das Beispiel der Region Stuttgart

Welche Blickwinkel braucht die räumliche Risikovorsorge im Kontext von Natur- und Technikgefahren auf regionaler Ebene?





© VRS/Gottfried Stoppel

---

**Holger Sauter**

ist Landschaftsplaner und akademischer Mitarbeiter am Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung (IREUS) der Universität Stuttgart. Schwerpunkte seiner Forschungstätigkeit liegen im Bereich der Weiterentwicklung von räumlichen Planungsinstrumenten im Kontext des Klimawandels.  
[holger.sauter@ireus.uni-stuttgart.de](mailto:holger.sauter@ireus.uni-stuttgart.de)

**Prof. Jörn Birkmann**

ist Raumplaner und seit über 15 Jahren im Bereich der Raum- und Risikoforschung sowie Anpassungsforschung tätig. Er arbeitete unter anderem 10 Jahre für die UN-Universität und ist seit 2014 Leiter des Instituts für Raumordnung und Entwicklungsplanung.  
[joern.birkmann@ireus.uni-stuttgart.de](mailto:joern.birkmann@ireus.uni-stuttgart.de)

**Julia Schiller**

ist Geografin und akademische Mitarbeiterin am IREUS. Ihre Themengebiete sind unter anderem Kritische Infrastrukturen und ihre Interpendenzen (Schwerpunkt Strom und Wasser) sowie Resilienz und Kritikalität.  
[julia.schiller@ireus.uni-stuttgart.de](mailto:julia.schiller@ireus.uni-stuttgart.de)

**Silvia Weidenbacher**

ist Landschaftsarchitektin und Referentin für Landschaftsplanung beim Verband Region Stuttgart. Sie beschäftigt sich im Bereich der regionalen Freiraumplanung unter anderem mit den Themenfeldern Grüne Infrastruktur, Anpassung an den Klimawandel sowie der Betreuung nationaler und europäischer Förderprojekte.  
[weidenbacher@region-stuttgart.org](mailto:weidenbacher@region-stuttgart.org)

Die Region Stuttgart als dicht besiedelter und wirtschaftlich dynamischer Raum ist – wie auch andere Regionen – bereits heute erheblichen Naturgefahren ausgesetzt. Dazu gehören zum Beispiel Hitze oder auch Hochwasser. Letztere haben in der Vergangenheit insbesondere an den Flüssen Rems und Murr zu erheblichen Schäden geführt. Neben den Natur- und Technikgefahren sind aber auch gerade die Verwundbarkeit der Bevölkerung, die Störanfälligkeit und Wirkungskaskaden kleiner lokaler Ereignisse wie Starkregen oder Hangrutschungen auf regionale Systeme von Bedeutung. Schon bei kleineren lokal auftretenden Störungen der Kritischen Infrastrukturen (KRITIS) können deutliche Schäden und Folgewirkungen für regionale Prozesse entstehen.

In sehr bewegter Topografie konzentrieren sich in der Region Stuttgart Bevölkerung, Produktionsstätten und Werte. Insbesondere die Verkehrsinfrastruktur ist durch die funktionalen überörtlichen Beziehungen bereits stark belastet. Die komplexen Verkehrsbeziehungen sind anfällig für externe Störungen mit erheblichen Auswirkungen auf Pendler und Produktionsprozesse. Auch dicht bebaute Siedlungsgebiete – wie Stuttgart oder Ludwigsburg – weisen bereits heute relativ hohe Temperaturen im Sommer auf, die durch den Klimawandel und den städtischen Wärmeinseleffekt in Zukunft zunehmen. Durch die Folgen des Klimawandels, von denen Baden-Württemberg und die Region Stuttgart im Vergleich zum Bundesmittel überdurchschnittlich betroffen sind, verstärken sich vorhandene Gefahren noch. Gleichzei-

tig entstehen neue Risiken für Menschen, Infrastrukturen und die gebaute Umwelt insgesamt. Der Hitzesommer 2018 hat dies auf eindrückliche Weise bestätigt: Neben dauerhaft hohen Temperaturen war die Region Stuttgart häufig von Starkregen betroffen. Als übergeordnete und steuernde Ebene trägt die Regionalplanung dazu bei, Risiken zu erkennen und durch planerische Vorsorge zu verringern oder zu vermeiden. Dabei geht es auch um die Beratungsfunktion der Regionalplanung als überkommunale Planung und Koordinationsebene. Neben schleichenden Prozessen wie mittel- und langfristig erhöhten Temperaturen sind aber auch abrupte Gefahren wie zum Beispiel Starkniederschläge, Hangrutschungen oder Felsstürze als besondere Herausforderungen im Risikomanagement gerade in Bezug auf Infrastrukturen und insbesondere Kritische Infrastrukturen zu beachten.

In dieser Hinsicht zeigt der folgende Beitrag, wie sich raumrelevante Risiken im Kontext von Naturgefahren und Klimawandel für die Ebene der Regionalplanung abschätzen und mit Aspekten der Exposition der Bevölkerung und Siedlungsstrukturen verschneiden lassen. Der Beitrag spiegelt als Werkstattbericht den Zwischenstand der Diskussion in der Region Stuttgart wider. Der Schwerpunkt liegt auf der Frage der Weiterentwicklung von bestehenden Methoden zur besseren Abschätzung der Exposition, Verwundbarkeit und Risiken von Infrastruktursystemen und Siedlungen gegenüber ausgewählten Natur- und Technikgefahren.

## Vorsorgendes Risikomanagement in der Regionalplanung – Modellregion Stuttgart

Trotz der mittlerweile langjährigen fachlichen Diskussion und zahlreichen Beispielen der Integration von Risikovor-sorge in die Instrumentarien der Raumplanung verfügen Planer und Entscheidungsträger kaum über standardisierte Methoden und Handlungsanweisungen. Hinweise zur Operationalisierung, die der Integration eines umfassenden Risikomanagements in die Strategische Umweltprüfung von Programmen und Plänen der Raumplanung dienen, hat unter anderem bereits die Akademie für Raumforschung und Landesplanung gegeben (Pohl 2011). Die Berücksichtigung einzelner Naturgefahren wie Hochwasser (HQ100) sind zwar in der Raumplanung mittlerweile fest etabliert. Obwohl seit langem gefordert, wurde die Perspektive bisher jedoch noch nicht um Fragen der Vulnerabilität von Gesellschaft

und Raumnutzungen (Birkmann 2008) sowie Kritischen Infrastrukturen (Birkmann et al. 2016) erweitert. Das steht hinsichtlich einheitlicher und integrierter Prozesse noch aus.

Der Beitrag skizziert ausgewählte Zwischenergebnisse aus der Verstetigungsphase des Modellvorhabens der Raumordnung „Vorsorgendes Risikomanagement in der Regionalplanung – Modellregion Stuttgart“ (MORO Risiko). In diesem Rahmen erprobte das Projektteam Möglichkeiten und Methoden zur Weiterentwicklung von Planungsprozessen hinsichtlich der oben aufgeführten Herausforderungen. Das Projekt wurde in engem Zusammenspiel von Wissenschaft und Planungspraxis bearbeitet, insbesondere in Kooperation zwischen dem Verband Region Stuttgart und dem Insti-



tut für Raumordnung und Entwicklungsplanung (IREUS) an der Universität Stuttgart. Das MORO Risiko verfolgt einen möglichst ganzheitlichen Ansatz, der unterschiedliche Ge-

fahren und Vulnerabilitäten von Nutzungen und Kritischen Infrastrukturen in eine regionale Risikoperspektive integriert (vgl. BMVI 2015).

## Gefahrenkarten und Daten für ein regionales Risikoassessment

Wie lassen sich bestehende Gefahrenkarten und Daten zu Infrastrukturen, Bevölkerung und Siedlungsentwicklung für ein regionales Risikoassessment weiterentwickeln, das sowohl die Gefahrenseite als auch die Frage der Vulnerabilität berücksichtigt? Im Zentrum des Projekts stand die Erarbeitung von gefahrenbezogenen Risikoprofilen für ausgewählte Natur- und Technikgefahren für die Region Stuttgart. Sie wurden durch die Zusammenführung von Gefahren- und Vulnerabilitätsanalyse erzeugt.

### Gefahrenanalyse

Die grundlegende Methodik zur Erarbeitung der regionalen Risikoprofile orientierte sich an der bereits für Köln durchgeführten ersten Phase des Modellvorhabens (BMVI 2015). Dort wurde bereits die grundsätzliche Vorgehensweise mit den Gefahren Flusshochwasser, Technische Störfälle und Erdbeben erprobt. In der anschließenden Verstetigungsphase des Projekts waren für die Fallstudienregion Stuttgart zu-

nächst die relevanten und räumlich abbildbaren Gefahrenkomplexe zu definieren und entsprechende Datenbestände zu sammeln. Dazu gehörten beispielsweise vorhandene Gefahrenkarten. In dieser Hinsicht entwickelte das Projektteam anhand unterschiedlicher Kriterien wie Wiederkehrwahrscheinlichkeiten und räumlich differenzierter Intensitäten eine Klassifizierung für die Region Stuttgart weiter. Die Kriterien dienen dazu, die jeweiligen Naturgefahrenkarten in bis zu fünf Gefahrenstufen zu differenzieren. Einige neue Gefahren wie Hitze, Starkregen und geogene Gefahren wurden als spezieller Gegenstand in dem Modellvorhaben in der Region Stuttgart untersucht. Abbildung 1 zeigt die insgesamt in Risikoprofilen berücksichtigten Gefahren sowie deren Einteilung in unterschiedliche Gefahrenstufen auf, die für das weitere Assessment von Bedeutung waren.

Die im ersten Schritt erstellten Gefahrenkarten dienen als Grundlage für die darauf aufbauende Expositionsanalyse und einer zu erarbeitenden Multifahrenkarte, die

### 1

Gefahrenstufen (Hitze und geogene Gefahren wurden erstmals in der Fallstudienregion Stuttgart in die Risikoprofile integriert, \* = auf Grundlage der IGHK50)

Gefahrenstufen	Erdbeben	Flusshochwasser	Hitze (Tage mit Wärmebelastung)	Technische Störfälle (KAS-Abstandsklassen)	Geogene Gefahren* (Hangrutschungen, Erdfälle, Felssturz, etc.)
0	keine	außerhalb	n. v.	> 1.500 m	nicht bearbeitet
1	gering	Zone 0	HQextrem < 0,5 m	IV / 900 m bis 1.500 m	Gebiete mit geol. bedingten Ölschieferhebungen und Setzungen, mögliche Verkarstungen
2	mittel	Zone 1	HQ100 < 0,5 m oder HQextrem 0,5 m bis 2 m	III / 900 m bis 500 m	Gebiete mit geol. bedingter Verkarstungsgefährdung
3	hoch	Zone 2	HQhäufig < 0,5 m oder HQ100 0,5 m bis 2 m oder HQextrem > 2 m	II / 500 m bis 200 m	Gebiete mit Rutschungsgefahr und nachgewiesenen Verkarstungen (bereits erfolgte Erdfälle)
4	sehr hoch	Zone 3	HQhäufig 0,5 m bis 2 m oder HQ100 > 2 m	I / 0 bis 200 m	Potenzielles Ausbruchgebiet für Steinschlag und Felssturz – Prozessräume
5	extrem	n. v.	HQhäufig > 2 m	n. v.	n. v.

Quelle: eigene erweiterte Darstellung auf Basis von BMVI 2015

die additive Überlagerung aller oben genannten Gefahren umfasst. Diese kombinierte Perspektive macht Gebiete mit einer Akkumulation von Gefahren beziehungsweise Gefahrenwahrscheinlichkeiten sichtbar.

## Bewertung der Vulnerabilität

Neben den einzelnen Gefahrenkarten entwarf das Projektteam Fragen der Vulnerabilität von Raumnutzungen und Kritischen Infrastrukturen – ein weiterer Bestandteil zur Abschätzung von Risiken und der Bildung von Risikoprofilen. Dafür erstellte es Karten zur Vulnerabilität, die ausgewählte Kritischen Infrastrukturen, Schutzobjekte und Flächennutzungen räumlich darstellen und gemäß ihrer jeweiligen Schutzwürdigkeit und Vulnerabilität in drei Stufen abbilden. Die Einstufung der Vulnerabilität basiert dabei auf der grundlegenden Definition von Risiken als Produkt der Interaktion von Naturgefahren, Exposition und Vulnerabilität (vgl. Birkmann 2013; IPCC 2014). Demzufolge ergeben sich die Risiken im Kontext der ausgewählten Natur- und Technikgefahren durch die Exposition von Infrastrukturen und Flächennutzungen, in Abhängigkeit ihrer eigenen Verwundbarkeit sowie der Intensität und Wiederkehrwahrscheinlichkeit

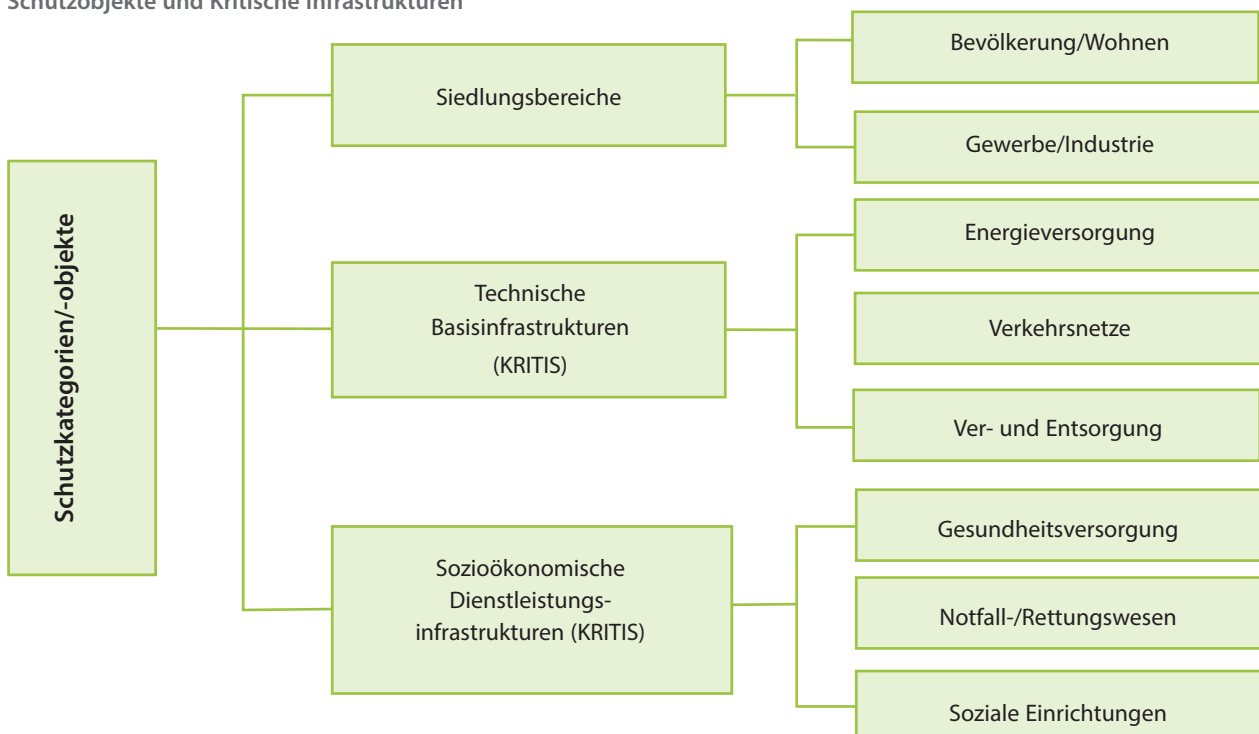
(sofern quantifizierbar) der Gefahren. Somit braucht es für ein regionales Risikoprofil neben der Überlagerung der räumlichen Gefahren mit diesen Entitäten im Sinne einer Expositionsanalyse auch eine Einstufung der Vulnerabilität gegenüber der jeweiligen Gefahr.

Als Grundlage für die Einstufung von Vulnerabilitäten für die Flächennutzungen gemäß Flächennutzungsplan (Datenquelle: AROK-FNP) dienten die Ergebnisse aus dem Vorgängerprojekt (vgl. BMVI 2015). In dessen Rahmen führten umfangreiche Fachdiskussionen mit Experten zu einer abschließenden Einteilung der Vulnerabilität. Um die Einstufung regionsspezifisch zu schärfen und die Abstufung der im MORO Köln noch nicht untersuchten Gefahren (Hitze, geogene Gefahren und Starkregen) gegenüber Schutzkategorien zu ergänzen, nahm das Projektteam zusammen mit regionalen Akteuren eine Einstufung auf einer vordefinierten Skala vor.

Schutzobjekte und Kritische Infrastrukturen, die für die Region Stuttgart als besonders relevant galten und deren Exposition und Vulnerabilität gegenüber den jeweiligen Gefahren untersucht wurde, sind in Abbildung 2 dargestellt. Dabei

## 2

### Schutzobjekte und Kritische Infrastrukturen



Quelle: eigene Darstellung

erfasste und analysierte das Projektteam allerdings in einigen Unterkategorien nur ausgewählte, zum Beispiel soziale Einrichtungen.

Die wichtigsten Datengrundlagen für diese Entitäten waren: das ALKIS (Automatisiertes Liegenschaftskataster) mit den hinterlegten Gebäudefunktionen zur Ableitung von KRITIS und Einzelobjekten; die Raumnutzungskarte (RNK) des Verband Region Stuttgart zur Berücksichtigung wichtiger und regional bedeutsamer linearer Strukturen wie dem Verkehrsnetz (Straßen- und Bahnnetz) und der Energieversorgung; sowie AROK-FNP für die Berücksichtigung von bestehenden und geplanten flächigen Siedlungs- und Gewerbegebieten.

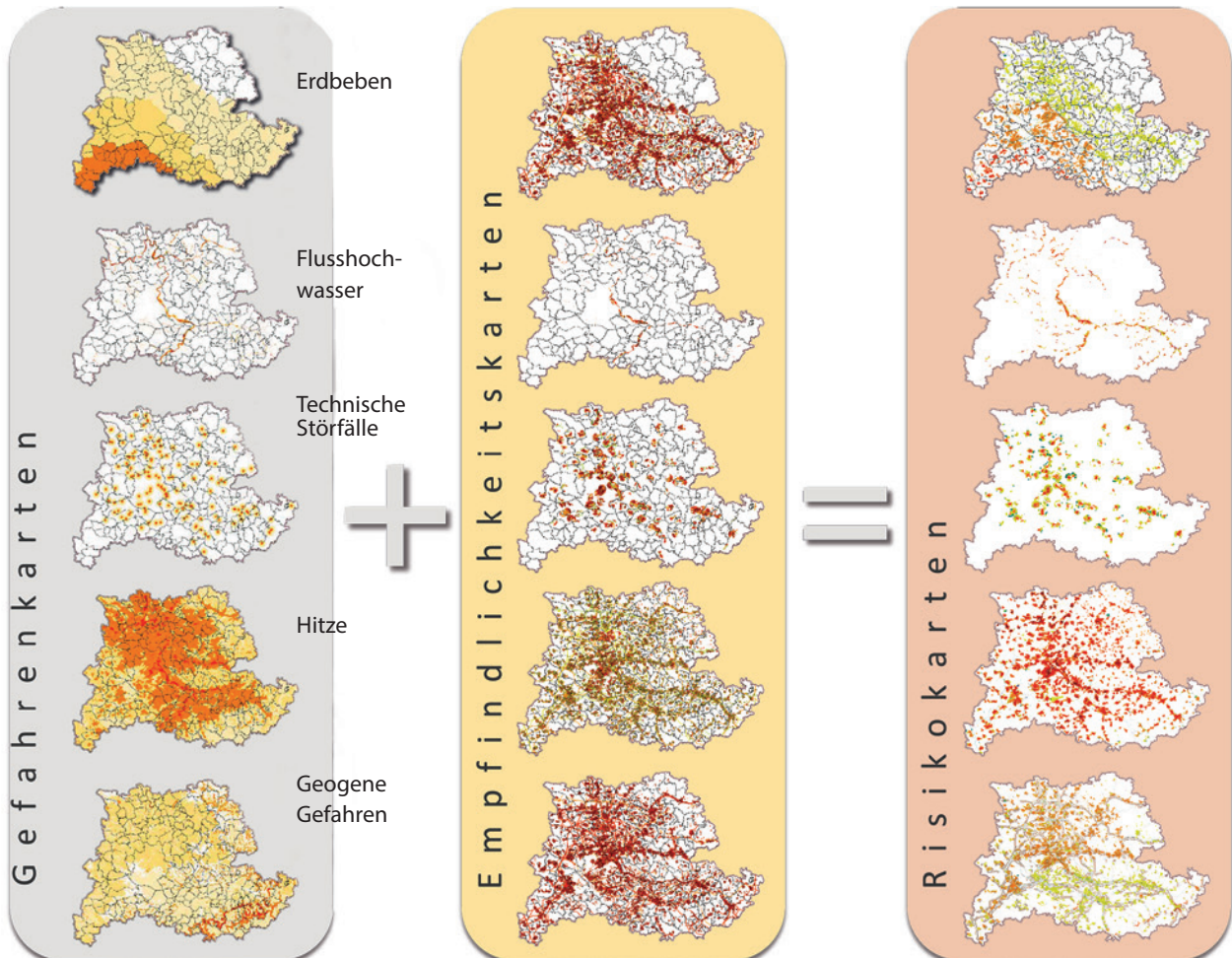
### Abbildung des räumlichen Risikos

Anhand einer Risikomatrix, die sowohl die Natur- und Technikgefahr als auch die unterschiedlichen Vulnerabilitäten der berücksichtigten Schutzobjekte und -kategorien erfasst, erfolgte eine erste räumliche Risikoabschätzung. Diese Matrix wurde bereits in der ersten Phase des Modellvorhabens für Köln erarbeitet. Abbildung 3 verdeutlicht die Vorgehensweise zur Erstellung der gefahrenbezogenen Risikoprofile.

Die so für jede Gefahr erzeugten Risikokarten ermöglichen eine erste gefahrenbezogene Risikoabschätzung für bestehende und geplante Flächennutzungen und Objekte.

3

Methodische Verschneidung von Gefahren und Vulnerabilität anhand der Risikomatrix



Quelle: eigene Darstellung (Kartenbasis Verwaltungsgrenzen: Geobasisdaten © Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg)

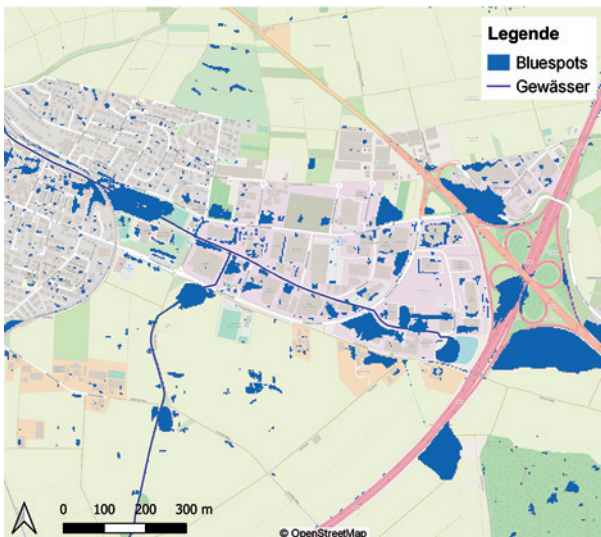
# Regionale Risiken abschätzen und visualisieren

## Starkregen

Zu allen untersuchten Gefahren ließen sich mit Ausnahme von Starkregen Datengrundlagen gewinnen, die eine räumliche Abbildung und Einteilung in Gefahrenstufen ermöglichen. Aufgrund der räumlichen Ubiquität von Starkregen und der räumlichen Dimension der Regionalplanung ist hier eine Verortung von Wahrscheinlichkeiten und Intensitäten möglicher Ereignisse schwierig. Zwar liegen für einzelne Kommunen bereits Starkregengefahrenkarten und teilweise erste Risikoabschätzungen vor, die das Land Baden-Württemberg teilweise im Rahmen des Starkregenrisikomanagements gefördert hat (vgl. LUBW 2016). Für die gesamte Region Stuttgart mit Ihren 179 Gemeinden sind diese jedoch nicht verfügbar. Eine Integration in eine regionalplanerische Ebene wäre ohnehin aufgrund der hohen Auflösung und der maßstäblichen Unterschiede zwischen kommunaler und regionaler Planung sehr aufwändig. Aufgrund dieser Problematik wurden für diese Naturgefahr keine Gefahrenstufen und entsprechend kein gefahrenbezogenes Risiko gebildet. Es gibt in der Region allerdings Pilotgebiete (Landkreis Böblingen und Landkreis Ludwigsburg), die diese Thematik aufgreifen.

4

Berechnete Überflutungsgefahrenbereiche (Bluespots) – bei München (Kreisig 2019)



Quelle: Kreisig 2019 (Kartenbasis: OpenStreetMap contributors 2019)

Wertvolle Ansätze einer vereinfachten Modellierungsmethodik bietet beispielsweise das Bluespot-Modell, das Senken und potenziell durch Starkregen überflutete Bereichen darstellt (Larsen et al. 2010). Im derzeit für den Landkreis Böblingen laufenden Projekt zur Klimaanpassung und in einer kürzlich am IREUS angefertigten Masterarbeit (Kreisig 2019) wurde dieses Modell bereits erprobt. Abbildung 4 stellt in einem Ausschnitt exemplarisch nach diesem Verfahren modellierte Bluespots dar. Im direkten Vergleich mit den detailliert gerechneten Starkregengefahrenkarten für das Glems-Einzugsgebiet (geomer GmbH 2019) ließen sich gute Abschätzungen und Überblicksinformationen erzielen. Die Modellierung ermöglicht es auch, die jeweiligen Überflutungstiefen zu ermitteln – und lässt sich mit beliebigen Berechnungsszenarien durchführen. Damit bildet sie entsprechende Gefahrenstufen in Abhängigkeit von Wiederkehrwahrscheinlichkeiten und Schadenspotenzialen ab.

Auch wenn im Projekt auf dieser Grundlage keine vollständige Integration und regionsweite Modellierung möglich war, konnte das Projektteam erste Ansätze zur künftigen Integration von Karten zu Starkregengefahren auf regionaler Ebene identifizieren, die auch für die Ebene der Regionalplanung technisch machbar scheint.

Um das Thema Starkregen aufgrund seiner Bedeutung bereits im Projekt zu berücksichtigen, stand die Vulnerabilität gegenüber Starkregen im Mittelpunkt. Auf Expertenworkshops und in Interviews wurde die Frage, wie vulnerabel Raumnutzungen und KRITIS gegenüber Starkregen sind, für die Region beantwortet. Das Projektteam erstellte eine erste Karte zur Vulnerabilität gegenüber Starkregen für die Region, die für lokale Planungen bereits Hinweise bietet und sich im weiteren Verlauf mit Gefahrenkarten verschneiden lässt. Die Integration der vereinfachten Starkregenmodelle ist ein für die Ebene der Regionalplanung vertretbarer Aufwand. Dadurch ließe sich der Handlungsbedarf für die kommunalen Ebene differenziert darstellen und somit auch zur weiteren Umsetzung kommunaler Starkregengefahrenkarten beitragen.

## Geogene Gefahren

Eine zentrale Datengrundlage für die Darstellung geogener Gefahren (ohne Erdbeben) lag mit der ingenieurgeologischen Gefahrenhinweiskarte (IGHK50) vom Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) am Regierungspräsidium Tübingen vor. Die IGHK50 bildet Rutschungsgebiete, potenzielle Ausbruchgebiete von Steinschlag und Felssturz,



Setzungen und jahreszeitliche Volumenänderungen, Ölschieferhebungen, vermutete Verkarstungsstrukturen und Verkarstungsfährdung ab. Bislang werden allerdings die Prozessräume potenzieller Abbruchmassen von erfassten Rutschungsbereichen und/oder Gebiete des Fels- und Stein-schlagabbruchs kaum beachtet. Ohne diese Abgrenzungen lässt sich jedoch insbesondere die von den Abbruchbereichen ausgehende Gefahr nur unvollständig abbilden. Deshalb entwickelte das Projektteam eine GIS-Methode weiter, die eine vereinfachte Darstellung solcher Prozessräume ermöglicht. Dies erfolgte in Anlehnung an eine im Erläuterungsbericht zur Gefahrenhinweiskarte des Kantons Zug (Arbeitsgemeinschaft GEOTEST, Hunziker, Zarn & Partner 2003) bereits beschriebene Methodik. Ihre Annahme eines „Pauschalgefälles“ gravitativer Massenbewegungen fand auch bei der Modellierung von Prozessräumen für die bayerische Gefahrenhinweiskarte „Alpen mit Alpenvorland“ (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2015) Anwendung. Das Abbruchgebiet und der Transitbereich, in dem ein gravitativer Prozess abläuft, sowie der Raum, in dem die Erdmassen abgelagert werden, bilden demzufolge den Gefahrenbereich. Das Projektteam wendete ein Pauschalgefälle von 20 Grad abwärts an, was sich auf mittlere bis große Bergstürze und Murgänge bezieht. Dämpfende Faktoren wie Waldbestockung oder Schutzbebauung wurden nicht berücksichtigt, weshalb die dargestellten Prozessräume einer Worst-Case-Betrachtung entsprechen.

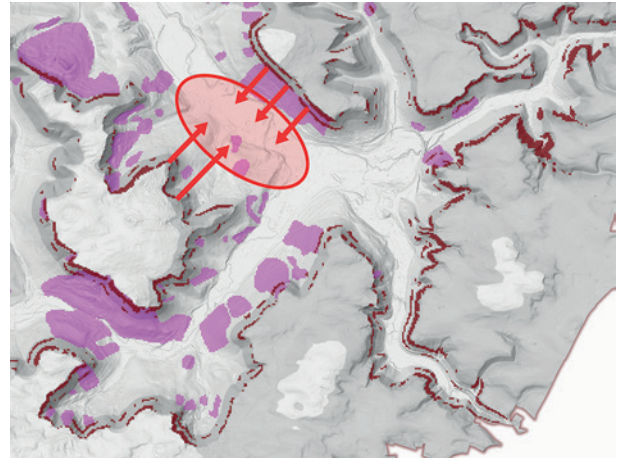
Die Abbildungen 5 und 6 verdeutlichen die Problematik. Sie zeigen im rechten Ausschnitt die modellierten Prozessräume, die sich in erster Näherung ermitteln ließen.

Im nächsten Schritt integrierte das Projektteam die modellierten Bereiche in die vollständige GefahrenEinstufung mit den anderen geogenen Gefahrenbereichen. Nach diesem Vorgehen ließen sich künftig auch die Prozessräume steilerer Randbereiche bereits erfolgter Rutschungen modellieren. Da diese Bereiche eine höhere Wahrscheinlichkeit erneuter Rutschungen gegenüber nicht vorbelasteten Gebieten aufweisen und die möglichen Prozessräume dieser gravitativen Prozesse ebenfalls nicht in der IGHK50 enthalten sind, wäre eine Ergänzung sinnvoll.

Mit Erprobung und Anwendung dieser Methodik hat sich gezeigt, dass die Modellierungen durchaus zeitaufwändig sind und hohe Anforderungen an die Computerhardware stellen. Mit moderner GIS-Software und leistungsfähigen Rechnersystemen sind sie aber auch für größere Regionen in wenigen Tagen realisierbar. Am Beispiel eines Gebiets in einer topografisch bewegten Lage zeigt sich, wie wichtig diese zusätzliche Gefahrendimension für eine umfassende Risikobetrachtung ist.

5

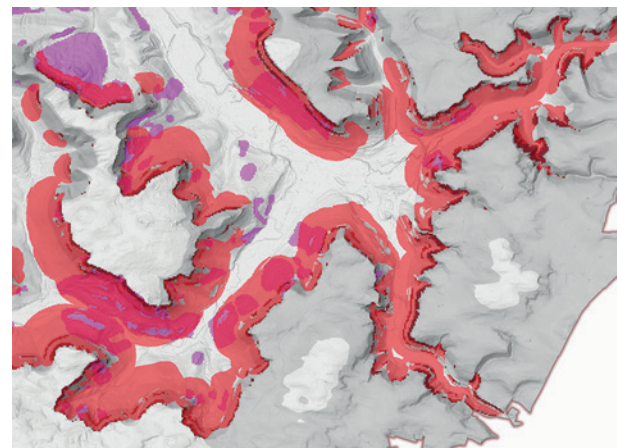
Fehlende Prozessräume zu möglichen Ausbruchsgebieten für Steinschlag und Felssturz (dunkelrot) in der Ingenieur-geologischen Gefahrenkarte (IGHK50) – bereits erfolgte Rutschungen in violett



Quelle: eigene Darstellung auf Basis der ingenieurgeologischen Gefahrenkarte

6

Modellierte Prozessräume ausgehend von potenziellen Abbruchgebieten unter Annahme eines Pauschalgefälles von 20 Grad

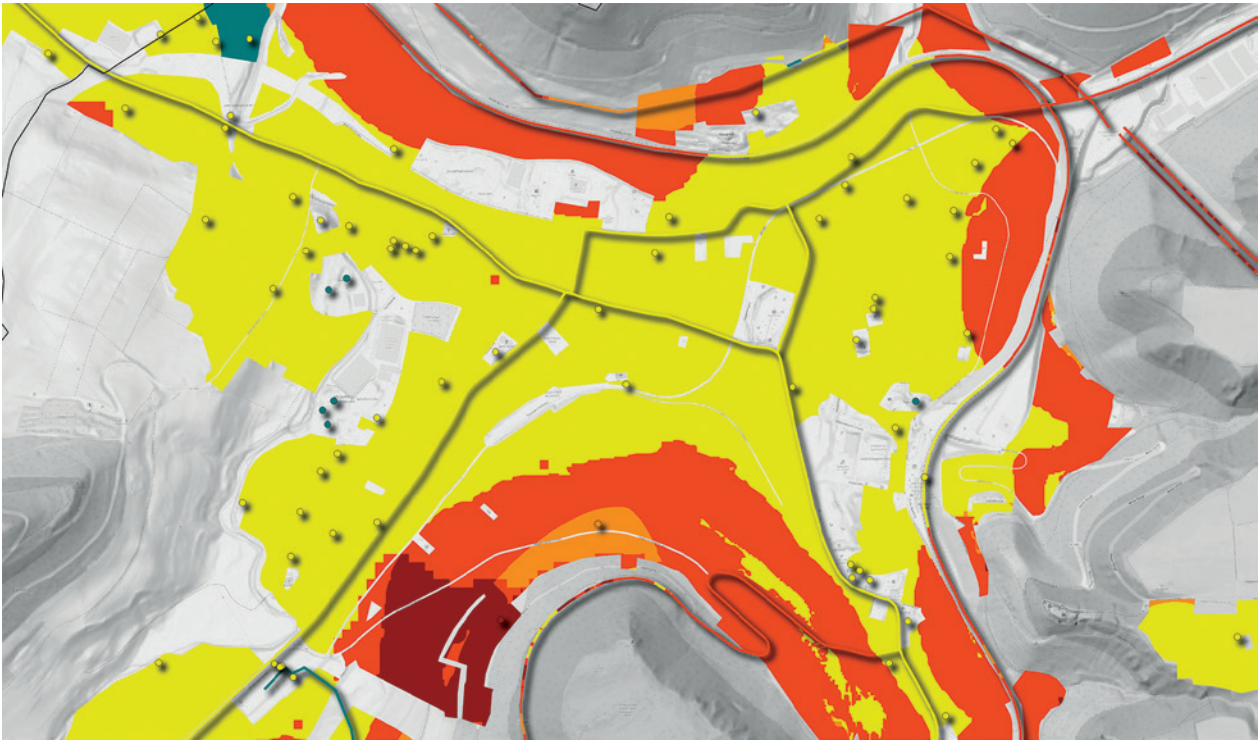


Quelle: eigene Darstellung auf Basis der ingenieurgeologischen Gefahrenkarte

(Kartenbasis: Geländemodell: Geobasisdaten  
© Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg)



## Ausschnitt (Geislingen an der Steige) aus der gefahrenbezogenen Risikokarte für Geogefahren



Quelle: eigene Darstellung (Kartenbasis: Geländemodell: Geobasisdaten © Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg / OpenStreetMap contributors 2019)

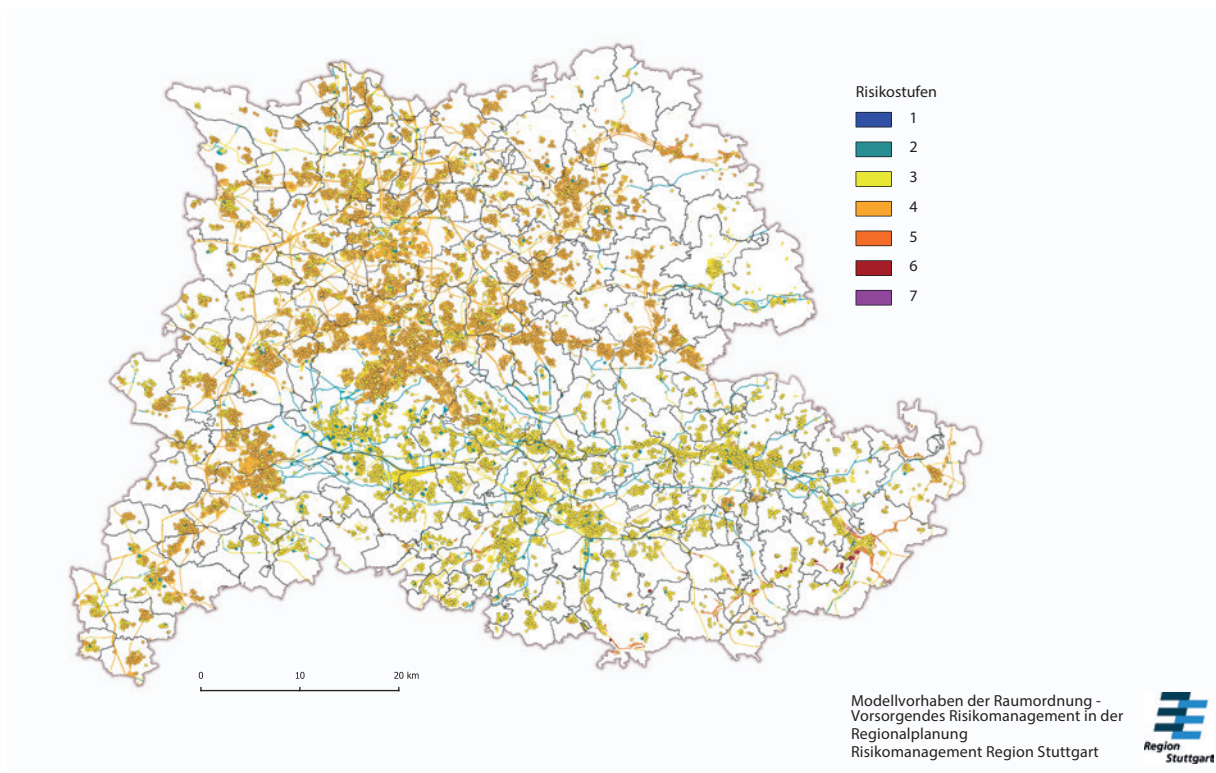
Die Risikoabschätzung in Abbildung 7 zeigt im Ausschnitt exemplarisch die Überlagerung der dortigen geogenen Gefahren – insbesondere auf der Grundlage der ingenieurgeologischen Gefahrenhinweiskarten des LGRB mit aktuellen Raumnutzungen und -funktionen (Schutzgüter). Flächen und Strukturen in Gelb bis Dunkelrot entsprechen dabei einer mittleren bis sehr hohen Risiko-Einstufung. Die Bereiche mit hohem bis sehr hohem Risiko entlang der Hanglagen liegen innerhalb von Prozessräumen, die in der Datengrundlage zu geogenen Gefahren nicht enthalten waren und die das Projektteam für die Region Stuttgart modelliert hat (siehe Abb. 5 und 6). Es zeigt sich, dass sowohl lineare Strukturen wie Stromleitungen oder Straßen- und Schienenabschnitte als auch punktuelle Elemente wie Haltestellen, Wohnheime und Transformatoren in diesen Bereichen liegen. Auch die Bahnlinie Ulm–Stuttgart verläuft in diesem Raum in Abschnitten durch potenzielle Prozessräume gravitativer Massenbewegungen. Die flächigen Kategorien umfassen bestehende Siedlungsgebiete (Wohn- und Gewerbegebiete sowie Mischgebiete), aber auch geplante Neuausweisungen (in der Abbildung nicht differenziert). Diese erweiterte Risikobetrachtung deutet demnach darauf hin, in welchen Bereichen eine Detailuntersuchung bei Neupla-

nungen oder Infrastrukturerweiterungen anzuraten ist, welche Schutzobjekte und Kritische Infrastrukturen bereits eine hohe Risikostufe aufweisen und wo ein Bedarf für etwaige Schutz- oder Sicherungsmaßnahmen besteht.

Diese eher auf ein Fokusgebiet bezogene Betrachtung lässt sich aber auch für die gesamte Region in einer ersten Näherung vornehmen (siehe Abb. 8).

Die höchsten Risikostufen in der Region Stuttgart weisen die steileren Albbereiche im Südosten auf, was dort aufgrund der höheren Gefahr durch Rutschungen, Steinschlag und Felsstürze auch realistisch erscheint. Die deutlich großflächigeren Gebiete im Süden (Stufe 3) und im Nordwesten der Region (Stufe 4) ergeben sich zum einen aus geologisch bedingter Verkarstungsgefährdung oder bereits erfolgter nachgewiesener Verkarstung einschließlich kleinräumig bereits erfolgter Erdfälle in diesen Gebieten. Diese Phänomene können aber räumlich auf kleinere Bereiche begrenzt sein. Daher stellt sich die Frage der Relevanz dieser Phänomene für die räumliche Planung auf der regionalen Ebene. Hierzu ist der Blick auf mögliche Folgewirkungen methodisch entscheidend.

## Risikosituation für Geogefahren in der Region Stuttgart



Quelle: eigene Darstellung (Kartenbasis: Verwaltungsgrenzen: Geobasisdaten  
© Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg/OpenStreetMap contributors 2019)

## Mit Risikoprofilen und räumlichen Hotspots zukünftige Vorsorgestrategien stärken

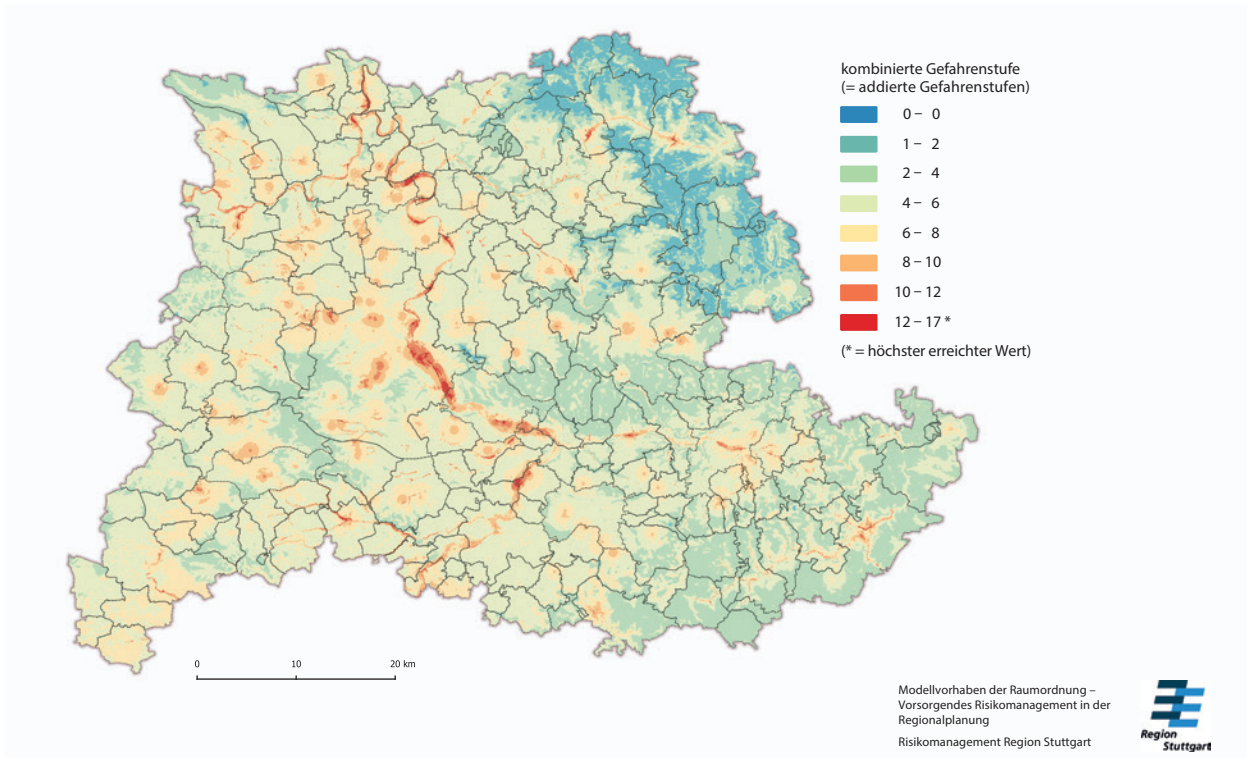
Durch die Ableitung der Risikoprofile aus Gefahren- und Vulnerabilitätskarten ergeben sich räumliche Hotspots. Sie entstehen je nach Layer durch die Bedeutung der Natur- oder Technikgefahr oder durch die Vulnerabilität der möglichen betroffenen Flächennutzungen und KRITIS – oder aufgrund von beiden Faktoren. In der Zusammenführung der gefahrenbezogenen Risikokarten über die Addition aller Risikostufen (Erdbeben, Flusshochwasser, Hitze, Technische Störfälle und geogene Gefahren) werden einige Hotspots sichtbar, die in erster Näherung eine hohe Risikosumme erreichen. In diesen Bereichen ist tendenziell mit einer höheren Wahrscheinlichkeit von Ereignissen und einem höheren Schadenspotenzial zu rechnen. Insbesondere in einigen

Flusstälern lässt sich eine hohe Risikoakkumulation feststellen, was unter anderem an der dortigen Überlagerung mehrerer Natur- und Technikgefahren, aber auch an der Bündelung wichtiger Verkehrswege, Siedlungen und Gewerbestandorte liegt.

Auch die Multifahrenperspektive (siehe Abb. 9 und 10) ermöglicht es, Gefahrenhotspots zu identifizieren. Aufgrund der fehlenden Integration der Vulnerabilität ist hier zwar keine direkte Risikobetrachtung betroffener Schutzobjekte und -strukturen möglich. Dennoch lassen sich Bereiche identifizieren, die im Sinne der Risikovorsorge im Einzelfall genauer geprüft werden können. Die besondere Perspektive



## Multigefahrenkarte für die Region Stuttgart

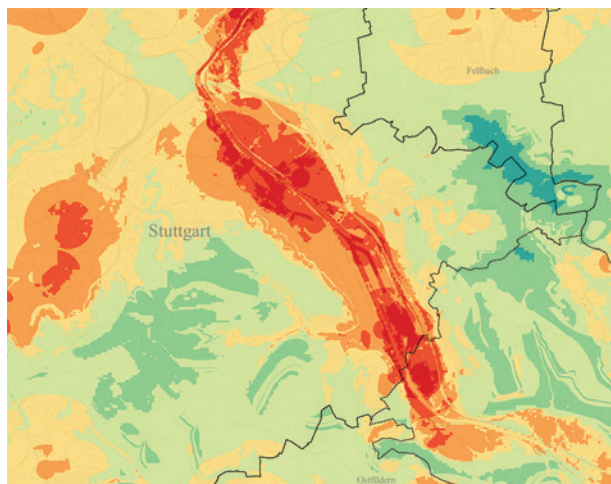


Quelle: eigene Darstellung (Kartenbasis: Verwaltungsgrenzen: Geobasisdaten  
© Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg/OpenStreetMap contributors 2019)

der Multigefahrenkarte könnte demnach als Grundlage für eine Hinweiskarte mit einer generalisierten Klassifizierung des gesamten Regionsgebiets dienen. Gerade für geplante Neuausweisungen von unterschiedlichen Flächennutzungen wäre das eine wertvolle Übersicht zur Steuerung oder zum Prüfumfang bei der Strategischen Umweltprüfung.

Bereiche mit einer hohen Summe an Gefahren (Überschneidungen von Natur- und Technikgefahren) sind auf der Multigefahrenkarte rot hervorgehoben. Diese Gefährdungsbereiche treten gehäuft im Bereich der Flusstäler auf, wo sich Naturgefahren, aber auch wichtige Infrastrukturen und Siedlungsgebiete befinden. Gerade im dicht besiedelten und durch einen hohen Anteil an Industrie geprägten Neckartalraum zwischen Esslingen und Stuttgart sind diese Phänomene sichtbar. In den steileren Lagen wie beispielsweise Neckarweihingen oder Geislingen an der Steige sind Naturgefahren wie Rutschungen, Steinschläge oder Felsstürze ein Thema. Im Raum Backnang tragen auch teilweise kleinflächige geologischen Gefahren durch Rutschungspotenzial

## Multigefahrenkarte für die Region Stuttgart – Ausschnitt



Quelle: eigene Darstellung (Kartenbasis: OpenStreetMap contributors 2019)

und mögliche Erdfälle zu einer relativ hohen Gefahresumme bei. Gerade Fachbehörden könnten die Multigefahrenkarte in ihrer Aggregation sicherlich kritisch sehen, da sie für spezielle Gefahren zuständig sind. Dennoch braucht es für die zusammenfassende und querschnittsorientierte räumliche Planung eine Integration und gesamthafte Übersicht. Dies war auch ein Grundziel des MORO-Vorhabens. In der Anwendung wird darauf zu achten sein, sich in den Gebieten mit einer hohen Summe von Gefahren dezidiert mit den einzelnen Gefahrenarten auseinanderzusetzen, um zu einer

nachvollziehbaren Einschätzung der jeweiligen Situation zu kommen. Die Darstellungen im Maßstab der Regionalplanung sollen demnach Hinweise zu Risiko- und Gefahrenräumen liefern. Sie greifen weder parzellenscharfen Abgrenzungen oder abschließenden Beurteilungen der Risikosituation nachfolgender und konkreter Planungsebenen vor. Eine endgültige Abstimmung der Darstellung der Risiken mit dem Verband Region Stuttgart und seinem politischen Gremium steht noch aus.

## Exkurs: Wirkungskaskaden lokaler Gefahrenereignisse für regionale Systeme und Infrastrukturen

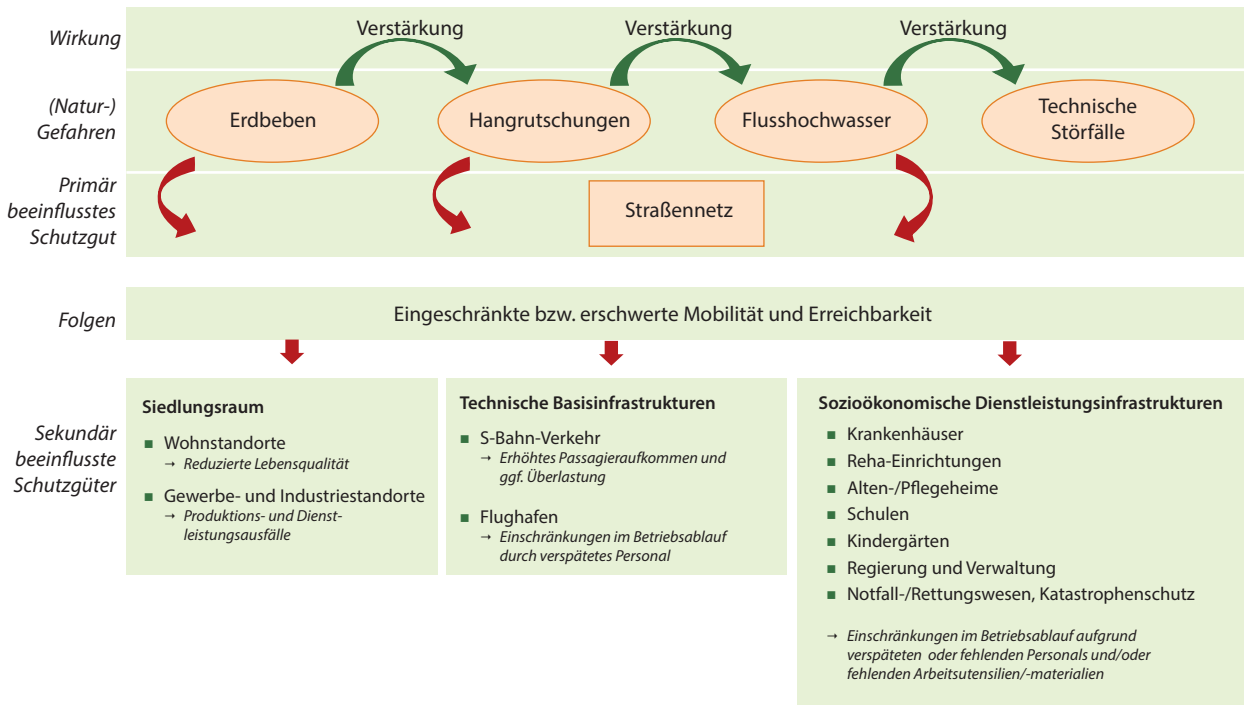
Wirkungskaskaden treten sowohl zwischen einzelnen Gefahren (Interaktion zwischen Naturgefahren) als auch zwischen Natur- und Technikgefahren und vernetzten Infrastrukturen oder Systemen auf. Zu möglichen Wechselwirkungen und Kaskadeneffekten zwischen Naturgefahren selbst gehören sich gegenseitig auslösende und verstärkende Interaktionen. Dazu gehört zum Beispiel, dass ein Starkregenereignis eine Hangrutschung auslöst, die wiederum lokale Überschwemmungen verursachen können. Gill und Malamud führen weitere Gefahren-Interaktionen auf, die durch sich gegenseitig verstärkende Eintrittswahrscheinlichkeiten oder durch sich gegenseitig verstärkende Intensitäten eines weiteren Ereignisses vorkommen (vgl. Gill/Malamud 2016).

Darüber hinaus können Wirkungskaskaden aber auch durch das betroffene Objekt – zum Beispiel kritische Infrastrukturen (KRITIS) – ausgelöst werden. So zeichnen sich KRITIS nicht nur durch eine innere Komplexität im Hinblick auf ihre technischen und organisatorischen Funktionsweisen aus, sondern sind auch durch komplexe Verbindungen, Abhängigkeiten und Wechselbeziehungen geprägt. Beeinflusst beispielsweise eine (Natur-)Gefahr wie ein Erdbeben eine Kritische Infrastruktur negativ, kann sich dies auch auf andere, vom Erdbeben ursprünglich nicht tangierte KRITIS auswirken. Ein Erdbeben kann allerdings auch auf andere (Natur-)Gefahren wirken und diese verstärken. Abbildung 11 skizziert Kaskadeneffekte am Beispiel des Schutzgutes Straßennetz.

Selbst lokal und kleinflächige Naturgefahren wie Hangrutschungen oder Starkregenereignisse, die sehr lokal auftreten, können sich demnach auch stadt-regional auswirken. Dies ist insbesondere der Fall, wenn entsprechende Ereignisse wichtige Strecken oder Funktionen regional bedeutsamer Infrastrukturen wie zentrale Straßen- oder Schienenverbindungen beeinträchtigen. Je nach Bedeutung der betroffenen Verkehrsachse oder Infrastruktur (z. B. Regionalbahnstrecke) haben diese lokalen Ereignisse erhebliche Folgen, die von einer eingeschränkten Mobilität bis hin zu einem Totalausfall der Infrastruktur und ihrer Verkehrsleistung führen können. Sind Straßennetze oder wichtige Schienenstrecken in ihrer Nutzung beschränkt, wirkt sich dies wiederum auf viele weitere Infrastrukturen aus und auch auf Produktionsprozesse, gerade in wirtschaftlich dynamischen Räumen wie der Region Stuttgart. Auch eine eingeschränkte Erreichbarkeit von Wohnstandorten wirkt sich auf zahlreiche Pendler und ihre Lebensumstände aus. Zudem können solche Beeinträchtigungen weitere Infrastrukturen wie Flughäfen in ihrem Betriebsablauf stören, da das Personal von den Verkehrsbehinderungen selbst betroffen ist und sich verspätet. Die hier exemplarisch genannten Wirkungskaskaden sind auch für andere Ballungsräume von Bedeutung. Sie zeigen, dass sich selbst als lokal klassifizierte Gefahren durch ihre Beeinträchtigung von hochvernetzten und bereits ausgelasteten Infrastrukturen regionalen erheblich auswirken können.



## Kaskadeneffekte am Beispiel des Schutzguts Straßennetz



Quelle: eigene Darstellung

## Fazit

Im Projekt MORO Risiko hat das IREUS in sehr enger Kooperation mit dem Verband Region Stuttgart untersucht, wie sich Methoden zur Integration einer raumbezogenen Risikovorwarnung für Fragen der Regionalplanung weiterentwickeln lassen. Aufbauend auf den bereits für Köln erarbeiteten Methoden verfolgte das Projektteam in der Verfestigungsphase in erster Linie eine für die Region Stuttgart angepasste Erweiterung der Ansätze, die sowohl die Integration neuer Gefahrenphänomene wie Hangrutschungen umfasst als auch eine erweiterte Betrachtung der Vulnerabilität. Die in der Region Stuttgart gewonnenen Erkenntnisse dienen dazu, ein übergreifendes Risikomanagement im Bereich der räumlichen Planung weiterzuentwickeln.

Die ausschließliche Fokussierung auf den räumlichen Wirkungsbereich der Naturgefahr greift zudem zu kurz. Aus Sicht des Vorhabens müssen auch die stadt-regionalen Wirkungen möglicher lokaler Ereignisse, wie Hangrutschungen oder Starkregen stärker im Fokus stehen. Insbesondere wenn diese Ereignisse wichtige Verkehrs- und „Lebensadern“

der Region beeinträchtigen können, sind die Wirkungskaskaden deutlich überkommunal. Daher erscheint auch eine Berücksichtigung dieser Aspekte in der zukünftigen Planung und Beratung sinnvoll. Aus den methodischen Kenntnissen des Projekts lassen sich erste Vorschläge für die Weiterentwicklung der Strategischen Umweltprüfung auf regionaler Ebene entwickeln, die für nachfolgende Planungsebenen als Richtschnur dienen.

Besonders wertvoll ist, dass das Projekt zahlreiche regionale und kommunale Akteure auf unterschiedlichen Verwaltungs- und Planungsebenen für die Risikovorwarnung sensibilisiert und aktiviert hat. Die Diskussionen, die der Verband Region Stuttgart initiiert und geleitet hat, zeigen den Bedarf an solchen aggregierten und integrierten Sichtweisen, ohne dass dies die Bedeutung sektoraler oder fachplanerischer Ansätze mindern würde. Durch die Beteiligung von Städten und Landkreisen in der Diskussion wurden auch klare Synergien zwischen vorsorgender räumlicher Planung und operativem Bevölkerungsschutz deutlich.

## Literatur

- Bayerisches Landesamt für Umwelt**, 2019: Methoden-Bericht zur Gefahrenhinweiskarte Bayern, Georisiken im Klimawandel – Umwelt Spezial. Augsburg.
- BBK** – Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, 2013: Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hitzewellen und Starkregen 11. Bonn: BBK.
- Birkmann, Jörn**; Wenzel, Friedemann; Greiving, Stefan; Garschagen, Matthias; Vallée, Dirk; Nowak, Wolfgang et al., 2016: Extreme Events, Critical Infrastructures, Human Vulnerability and Strategic Planning: Emerging Research Issues. In: J. of Extr. Even. 03 (04): 1650017.
- Birkmann, Jörn**, 2008: Globaler Umweltwandel, Naturgefahren, Vulnerabilität und Katastrophenresilienz. In: Raumforschung und Raumordnung 66 (1): 5–22.
- Birkmann, Jörn**, 2013: Measuring vulnerability to natural hazards. Towards disaster resilient societies. 2. ed. Tokyo: United Nations Univ. Press.
- BMVI** – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2015: Vorsorgendes Risikomanagement in der Regionalplanung. Modellvorhaben der Raumordnung (MORO). Endbericht, AZ 10.05.06-13.6. Unter Mitarbeit von agl | Hartz · Saad · Wendl, plan + risk consult – Prof. Dr. Greiving & Partner, Bezirksregierung Köln. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR). Berlin.
- geomer GmbH**, 2019: Starkregengefahren im Einzugsgebiet der Glems. Zugriff: <http://www.starkregengefahr.de/glems> [abgerufen am 13.08.2019].
- Gill, Joel C.**; Malamud, Bruce D., 2016: Hazard interactions and interaction networks (cascades) within multi-hazard methodologies. In: Earth System Dynamics 7: 659–679.
- IPCC, WG II**, 2014: Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Assessment Report, Bd. 5.
- Kreisig, Leonie**, 2019: Räumliche Starkregen Gefahren- und Risikoanalyse gegenüber Verkehrsinfrastrukturen im Landkreis Ludwigsburg – Masterarbeit an der Universität Stuttgart, Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung (nicht veröffentlicht).
- Larsen, Michael**; Pihl, Knud A., 2010: The Blue spot concept. Methods to predict and handle flooding on highways. Hedehusene (VI rapport, 181).
- LUBW** – Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, 2016: Leitfaden Kommunales Starkregenisikomanagement in Baden-Württemberg. Stand Dezember 2016. Karlsruhe: LUBW Landesanstalt für Umwelt Messungen und Naturschutz.
- Pohl, Jürgen**; Zehetmair, Swen, 2011: Risikomanagement als Handlungsfeld in der Raumplanung. Hannover: Verl. der ARL. Dietrich Fürst; Markus Hirschfeld; Hans-Ulrich Jung; Konrad Lammers; Guido Nischwitz; Sven-Olaf Salow; Guido Sempell; Alexander Skubowius (Arbeitsmaterial/Akademie für Raumforschung und Landesplanung, 357).