

Das Unerwartete erwarten:

# Überschwemmungen & kritische Infrastruktur

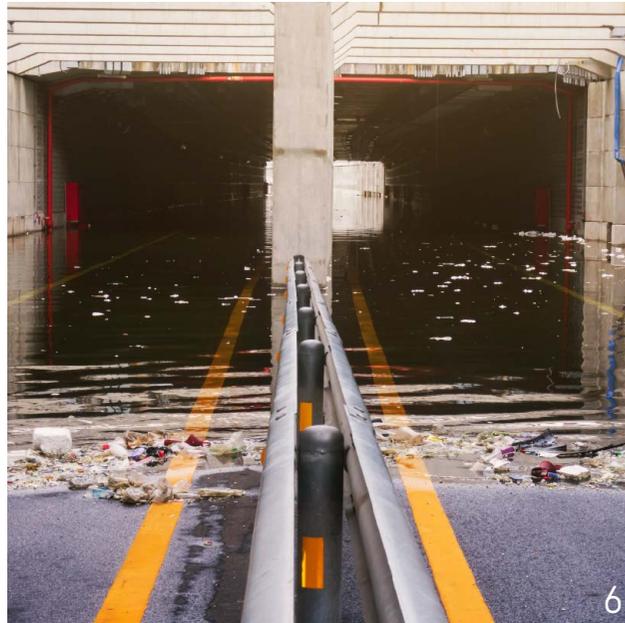
Resilienzen gegen niederschlagsinduzierte  
Überschwemmungen in europäischen Städten aufbauen



Vorbereitet und resilient zu sein, erfordert gemeinsames Handeln.



Um mehr Einblicke in Schwachstellen, Einfluss und Strategien von Städten beim Umgang mit den Klimaauswirkungen auf kritische Infrastrukturen zu erlangen, untersuchte Sweco die Vorgehensweisen von 26 Städten in Europa.



Die Richtlinie zur Resilienz kritischer Einrichtungen (CER) verpflichtet EU-Mitgliedstaaten, die unterbrechungsfreie Erbringung kritischer Dienstleistungen sicherzustellen und führt elf kritische Infrastrukturbereiche an. Gelingt dies nicht, bestehen Risiken für die öffentliche Versorgung, wirtschaftliche Aktivitäten, die öffentliche Gesundheit, Sicherheit und Umwelt.



Planung und Entwurf von verbesserter Resilienz – Erfahren Sie, wie Infrastrukturbereiche und Städte den Wandel vorantreiben können.

## Inhalt

Zusammenfassung	3
Einleitung	4
<b>Anfälligkeit &amp; Schwachstellen kritischer Infrastruktur verstehen</b>	<b>6</b>
– Kritische Infrastrukturbereiche	8
– Untersuchung der Schwachstellen	9
– Überschwemmungen im städtischen Raum	12
<b>Die Folgen versagender Infrastruktur</b>	<b>13</b>
– Kaskadeneffekte	14
– Verdeckte Auswirkungen auf die Bürger*innen	18
<b>Schlussfolgerungen und wichtige Erkenntnisse</b>	<b>19</b>
– Die wichtigsten Erkenntnisse aus der Studie	20
<b>Empfehlungen</b>	<b>22</b>
– Planung und Entwurf von verbesserter Resilienz	23
– Der weitere Weg	24
Über die Autor*innen	26
Danksagungen	27
Quellenverzeichnis	27

# Zusammenfassung

## Der Hintergrund

Das Versagen kritischer Infrastrukturen aufgrund von niederschlagsinduzierten Überschwemmungen stellt eine beträchtliche Gefährdung für Gesellschaft, öffentliche Gesundheit, Wirtschaft und Umwelt dar. Die schweren Überschwemmungen der jüngeren Vergangenheit in Europa belegen, dass Niederschlag das Potenzial besitzt, Städte lahmzulegen und dadurch enorme Schäden und Kosten zu verursachen. Studien zeigen, dass europäische Städte mit intensiveren und häufigeren schweren Niederschlägen rechnen müssen. Dies zeigt, wie wichtig umfassende Risikobewertungen und ebensolches Risikomanagement auch im Hinblick auf kritische Infrastrukturen sind. Die neue Richtlinie über die Resilienz kritischer Einrichtungen (CER) der Europäischen Union schreibt Maßnahmen vor, welche die unterbrechungsfreie Verfügbarkeit grundlegender Dienste in elf kritischen Bereichen gewährleisten sollen. Sweco untersucht die Gefährdung kritischer Infrastrukturen durch niederschlagsinduzierte Überschwemmungen in europäischen Städten.

## Die Verfahren

Bei der Untersuchung von Schwachstellen und Anfälligkeit, Auswirkungen und Strategien zur Eindämmung wurde im Bericht ein vielgestaltiger Ansatz zugrunde gelegt. Zunächst wurden die Vorgehensweisen analysiert: Eine Untersuchung der Klimaanpassungspolitik und der Wasserwirtschaftspläne 26 europäischer Städte bildete die Grundlage für das Verständnis des bestehenden Rahmenkonzepts für den Umgang mit Klimarisiken. Dann wurden beteiligte Akteure\*innen befragt: Ergänzend zur Analyse der jeweiligen Vorgehensweisen, wurden Repräsentant\*innen der betreffenden Städte interviewt. Diese Einblicke ermöglichten einen praktischen Blick auf die Schwachstellen kritischer Infrastrukturen und die spezifischen Herausforderungen, mit denen sich Städte konfrontiert sehen.

## Die wichtigsten Ergebnisse

Die Studie zeigte, dass die Städte nicht für das sich wandelnde Klima ausgelegt waren. Darüber hinaus beeinflussen Faktoren wie Urbanisierung, veraltete Infrastruktur und eine bestimmte geografische Lage die Gefährdung durch Klimarisiken erheblich. Für solche

Niederschlagsereignisse zu planen ist eine äußerst komplexe und anspruchsvolle Aufgabe für die Behörden vor Ort und deren Partner\*innen. Entscheidend ist dabei, kritische Infrastrukturen sowohl auf Ebene von Landstrichen als auch auf Ebene von Vermögenswerten zu untersuchen.

Die von Sweco durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass die Kommunalverwaltungen mehrheitlich der technischen Infrastruktur (wie Verkehrssystemen und Elektrizitätsnetzen) Vorrang vor sozialen Infrastrukturen wie Krankenhäusern, Kindertagesstätten und Altenpflegeeinrichtungen einräumen. Überraschenderweise werden kritische Elemente wie Banken, Rechen- und Krisenzentren häufig übersehen, obwohl sie das Rückgrat unseres Finanzsystems bilden. Die Studie hebt auch die oft übersehenen psychologischen Folgen von Infrastrukturausfällen in der betroffenen Bevölkerung hervor, wie etwa Stress und Angst.

Infrastruktursysteme sind voneinander abhängig, sodass der Ausfall eines Systems auch andere Systeme in Mitleidenschaft ziehen kann. Diese Kaskadeneffekte können unerwartete und schwerwiegende gesellschaftliche Folgen haben. Basierend auf Swecos Kombination aus politischer Analyse und den Beiträgen der Interessengruppen, haben wir diese umsetzbaren Empfehlungen formuliert:

- Schwachstellen und Auswirkungen beurteilen: Über die Exposition hinaus sollte bei der Risikobewertung die Anfälligkeit von Vermögenswerten unter Berücksichtigung von Standort, Konstruktion und Design betrachtet werden.
- Kaskadeneffekte untersuchen: Es gilt, die Wechselbeziehung zwischen Infrastruktursystemen anzuerkennen und Kaskadeneffekte durch Zusammenarbeit zwischen den Verwaltungsstellen zu bewerten.
- Soziale Infrastruktur einbinden: Hier gilt es, die Bedeutung der sozialen Infrastruktur für die angestrebte Resilienz anzuerkennen und die emotionalen wie auch die psychologischen Auswirkungen von Infrastrukturausfällen zu betrachten.

- Klare Ziele setzen: Unter Berücksichtigung vertretbarer Gefährdungsgrade und kosteneffizienter Investitionen sind handlungsorientierte Ziele zu definieren.
- Synergien auf Ebene von Vermögenswerten schaffen: Zu kombinieren sind Maßnahmen zur Verringerung des Gefährdungspotenzials, Minderung der Anfälligkeit und Begrenzung der Auswirkungen, wobei der Schwerpunkt auf Kosteneffizienz und zeitlicher Gestaltung liegen sollte.
- Wahl des richtigen Standorts: Für Neubauten sind Standorte in weniger gefährdeten Bereichen zu bevorzugen; bei Nachrüstungen können sogar Standortverlegungen in Betracht gezogen werden.
- Funktionale Anforderungen festlegen: Für klimaresiliente Infrastrukturen sind bereichsspezifische Standards auszuarbeiten.

## Der weitere Weg

Bei Sweco weiß man aus früheren Projekten, dass der Aufbau von Resilienzen ein kontinuierlicher Prozess ist, der eine ganzheitliche, interdisziplinäre Herangehensweise erfordert. Städte befinden sich in konstantem Wandel – und mit ihnen ändern sich auch die entsprechenden Risiken. Zudem verstehen wir den Klimawandel immer besser. All dies sind gute Gründe, Risiken regelmäßig neu zu bewerten und auch die Maßnahmen immer wieder zu aktualisieren. Politische Entscheidungsträger\*innen in Städten und die Betreiber kritischer Infrastrukturen müssen zusammenarbeiten, um das Klimarisiko umfassend zu bewerten und einzudämmen. Jede Wiederholung dieses Vorgangs erzeugt mehr Daten und Erkenntnisse für bessere Investitionsentscheidungen in resiliente kritische Infrastrukturen. Entscheidend ist, mit der Analyse zu beginnen. In diesem Bericht präsentieren wir sieben Schritte auf dem Weg hin zu einer resilienteren Zukunft.

# Einleitung

In der Nacht des 14. Juli 2021 ereilte eine verheerende Katastrophe mehrere Regionen in Europa, unter anderem in Deutschland, Belgien und den Niederlanden. Grundlegende Dienste wie Krankenhäuser und Feuerwehren waren nicht verfügbar und es kam zu umfangreichen Schäden an Straßen, dem Schienennetz, an Brücken und Versorgungssystemen. Die Wiederherstellung wird Monate bis Jahre in Anspruch nehmen.

Diese Katastrophe war nicht etwa auf seismische Aktivitäten zurückzuführen, sondern auf eine bis dahin beispiellose Naturgewalt: Extremniederschlag. In den betroffenen Regionen fielen innerhalb kurzer Zeit erstaunliche 100 bis 200 Millimeter Niederschlag, was die Lage zusätzlich verschärfte, da die Böden bereits durch vorhergehende Regenfälle gesättigt waren. Dieses Ereignis erinnerte uns eindringlich an die Bedrohung durch den Klimawandel.

## Mehr Extremniederschlagsereignisse

Ein als „World Weather Attribution“ (WWA) bekanntes Team internationaler Expert\*innen untersuchte umfassend, wie der Klimawandel Extremniederschläge im Sommer beeinflusst (beispielsweise die Ereignisse vom Juli 2021 in Deutschland, den Niederlanden und Belgien). Die Forscher\*innen prognostizieren, dass es in bestimmten Gebieten zwischen Nordsee und Alpen alle 400 Jahre einmal zu solch extremen Niederschlägen kommen wird. Klimamodelle deuten darauf hin, dass diese Sommerstarkregen bis 2040 um bis zu 6 % zunehmen könnten.<sup>1</sup>

In Europa kommt es vermehrt zu Extremniederschlägen, wobei aufgrund des Klimawandels mit einem weiteren Anstieg ihrer Häufigkeit und Intensität zu rechnen ist. Gehen wir von hohen Emissionen aus, dürfte es vor allem in Nordeuropa zu einem deutlichen Anstieg starker Niederschläge kommen. Bis zum Jahr 2050 werden extreme Sommer-

regenereignisse voraussichtlich etwa 25 % mehr Niederschlag bringen als heute.<sup>2</sup>

## Die Schäden

Derartige Extremniederschlagsereignisse führen zu beträchtlichen direkten und indirekten Schäden, wie das Sommerhochwasser von 2021 in Europa zeigte, das Schäden in Höhe von über 38 Milliarden Euro verursachte.<sup>3</sup>

Solche Beispiele verdeutlichen den immensen Schaden, den niederschlagsinduzierte Überschwemmungen in Städten anrichten können. In einem sich erwärmenden Klima muss Europa mit stärkeren Niederschlägen fertig werden, für die die aktuell vorhandenen Abflusssysteme jedoch nur schlecht gerüstet sind.

Wie die in der Abbildung dargestellten Beispiele zeigen, können niederschlagsinduzierte Überschwemmungen in Städten enorme Schäden anrichten. Eines ist klar: Unabhängig von den genauen

## Kosten der Schäden früherer niederschlagsinduzierter Überschwemmungen in Europa

	Kopenhagen	Malmö	Niederlande, Deutschland und Belgien	Glasgow
<b>Jahr</b>	Sommer 2011	Sommer 2014	Sommer 2021	Sommer 2021
<b>Niederschlagsmenge 24 Stunden</b>	135,4 mm in 24 h <sup>6</sup>	85,5 mm in 6 h <sup>7</sup>	150 mm in 24 h <sup>8</sup>	15 mm–30 mm 1 h <sup>9</sup>
<b>Schaden (€)</b>	800 Mio. € + 30 % für Bürger*innen und Unternehmen vor Ort	50,2 Mio. €	38 Mrd. € <sup>3</sup>	15,7 Mio. €



Wir sind zunehmend mit hybriden Bedrohungen und den Auswirkungen des Klimawandels konfrontiert. Vorbereitet und resilient zu sein, erfordert gemeinsames Handeln. Mit der heutigen Verabschiedung der CER unternehmen wir einen weiteren Schritt, um sicherzustellen, dass Gesellschaft und Industrie auf Sicherheitsgefährdungen und Störungen bei der Bereitstellung grundlegender Dienste vorbereitet sind.

Ylva Johansson, EU-Kommissarin für Inneres, am 25. Juli 2023 zur Verabschiedung der Richtlinie über die Resilienz kritischer Einrichtungen (CER)



Statistiken muss ein sich erwärmendes Europa mit stärkeren Niederschlägen zurechtkommen, für deren Bewältigung die aktuell vorhandenen Abflusssysteme und kritischen Infrastrukturen nicht immer ausgelegt sind.

#### Kritische Infrastruktur und die CER-Richtlinie

Als Reaktion auf diese Herausforderungen hat die Europäische Union kürzlich die Richtlinie über die Resilienz kritischer Einrichtungen (CER) verabschiedet, die am 16. Januar 2023 in Kraft getreten ist.<sup>4</sup> Während diese Richtlinie in erster Linie auf staatliche kritische Infrastrukturen abzielt, richtet sie sich auch an mit der Betreuung lokaler kritischer Infrastrukturen befasste Stadtführungen.<sup>5</sup>

Dieser Bericht beschäftigt sich damit, inwieweit Städte darauf vorbereitet sind, den Auswirkungen von niederschlagsinduzierten Überschwemmungen auf kritische Infrastrukturen standzuhalten. Es wird untersucht, wie sich Städte auf unvorhergesehene Ereignisse vorbereiten und proaktiv planen können, um urbane und kritische Infrastrukturen resilienter zu gestalten. Extremniederschläge sind ein Paradebeispiel für eine Gefahr, die überall und jederzeit auftreten kann. Sie unterstreichen, wie wichtig es ist, auch auf unbekannte Risiken vorbereitet zu sein.

Unsere Studie hebt daher die Notwendigkeit hervor, auf unerwartete Herausforderungen vorbereitet zu sein und kritische Infrastrukturen in Städten zu schützen. Niederschlagsereignisse sind zwar örtlich

begrenzt, können jedoch kaskadierende Ausfälle verursachen, die ganze Städte und Gesellschaften betreffen. Diese lokalen Vorkommnisse haben weitreichende Auswirkungen auf die Gesellschaft.

Sweco befragte die Vertreter\*innen acht europäischer Städte und bewertete die Vorgehensweisen von 26 weiteren Städten, um Einblicke in deren Ansätze zur Bewältigung und Vorbereitung auf Extremniederschlagsereignisse zu gewinnen. Durch die Veröffentlichung der Perspektiven und Ergebnisse dieser Städte sowie unserer eigenen Forschungsergebnisse möchten wir wertvolle Erkenntnisse zur Stärkung der Resilienz kritischer Infrastrukturen gegenüber zunehmend häufigen und heftigen Niederschlägen liefern.

# Anfälligkeit & Schwachstellen kritischer Infrastruktur verstehen



Die Bewertung des Klimarisikos in Städten sollte sich nicht nur auf die Gefährdung von Vermögenswerten konzentrieren, sondern auch auf deren Anfälligkeit, Schwachstellen und die Folgen etwaiger Ausfälle kritischer Infrastrukturen. Derzeit neigen viele Städte dazu, entsprechende Risiken für einzelne Gebiete zu bewerten, wobei nur berücksichtigt wird, ob Vermögenswerte durch Überschwemmungen gefährdet sind. Um jedoch zuverlässige Risikobewertungen durchführen zu können, müssen die Beteiligten die Anfälligkeit ihrer Vermögenswerte anhand von Daten und Kenntnissen über die Vermögenswerte selbst beurteilen. Beispielsweise ist die tatsächliche Gefährdung eines Krankenhauses oder eines Umspannwerkes abhängig von verschiedenen Faktoren, wie der Höhe des Standortes, an dem es errichtet wird, der Position entscheidender Einrichtungen oder auch der Bauweise. Daher kann diese Analyse nicht allein von denen durchgeführt werden, die mit der Wasserwirtschaft betraut sind, da sowohl Ort und Höhe möglicher Überschwemmungen als auch Schwachstellen der Infrastruktur zu berücksichtigen sind.



# Kritische Infrastrukturbereiche

Die CER-Richtlinie definiert bestimmte Verpflichtungen für EU-Mitgliedstaaten, laut denen diese spezifische Maßnahmen ergreifen müssen, um sicherzustellen, dass wesentliche Dienste für die Aufrechterhaltung grundlegender gesellschaftlicher Aufgaben oder wirtschaftlicher Aktivitäten im Binnenmarkt ungehindert bereitgestellt werden.

Die Europäische Kommission hat eine Liste wesentlicher Dienste aus elf Bereichen erstellt, die der Richtlinie über die Resilienz kritischer Einrichtungen (CER) unterliegen und die kritische Infrastrukturen betreiben. Dies sind die Bereiche Energie, Verkehr, Banken, Finanzmarktinfrastruktur, Gesundheit, Trinkwasser, Abwasser, digitale Infrastruktur, öffentliche Verwaltung, Raumfahrt sowie Produktion,

Verarbeitung und Vertrieb von Lebensmitteln. Sowohl physische als auch menschliche Elemente kritischer Infrastruktur werden explizit identifiziert und sollten in allen Schritten eingebunden werden, um mehr Resilienz zu schaffen.

Laut der CER bezeichnet „kritische Infrastruktur“ einen Vermögenswert, eine Einrichtung, Ausrüstung, ein Netzwerk oder System (oder einzelne Teile derselben), die zur Bereitstellung unverzichtbarer Dienste erforderlich sind. „Unverzichtbare Dienste“ sind Dienstleistungen, die für die Aufrechterhaltung essentieller gesellschaftlicher Funktionen, wirtschaftlicher Aktivitäten, der öffentlichen Gesundheit, der Sicherheit oder der Umwelt von entscheidender Bedeutung sind.<sup>3</sup>

Jeder Ausfall dieser Elemente kritischer Infrastruktur hat direkte Auswirkungen auf grundlegende gesellschaftliche Funktionen. Doch wie lassen sich Risiken erfassen, um ein umfassendes Bild der Auswirkungen auf die Infrastruktur zu erhalten?

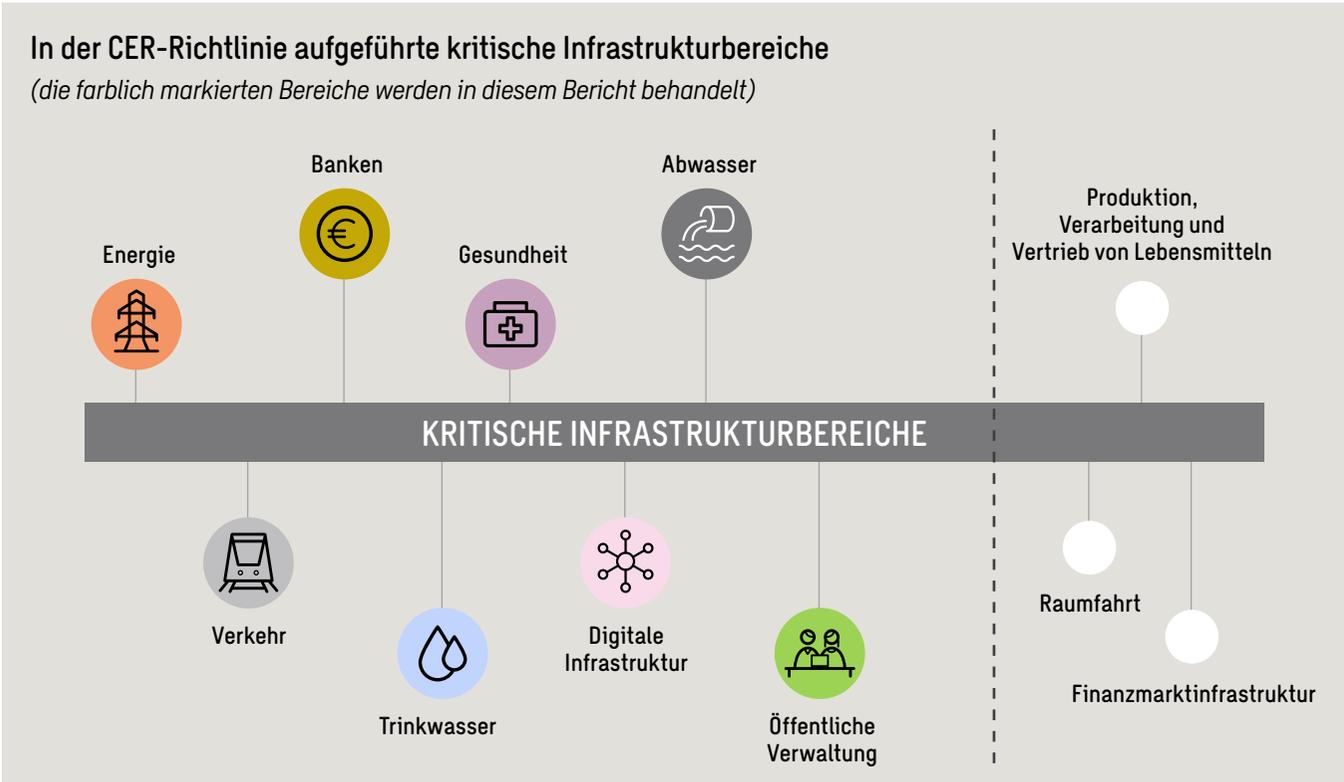
Zunächst klären wir einmal, was der Begriff „Klimarisiko“ bedeutet. In Zusammenhang mit kritischer Infrastruktur ist das Klimarisiko abhängig von drei Faktoren:

- Von klimabedingten Gefahren und der Wahrscheinlichkeit ihres Eintretens. Extremniederschlag ist beispielsweise eine solche Gefahr, die mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit an einem bestimmten Ort eintritt und die betreffende Gegend der Gefahr von Überschwemmungen aussetzt.
- Von der Anfälligkeit der Vermögenswerte. Führt eine Überschwemmung dazu, dass ein bestimmter Vermögenswert nicht mehr betriebsfähig ist? Das ist stark abhängig davon, wie dieser aufgebaut und gestaltet ist.
- Von den Folgen etwaiger Ausfälle. Wer oder was ist betroffen, wenn der besagte Vermögenswert ausfällt? Betroffen sein können etwa die Gesellschaft als solche, die Umwelt oder auch die Wirtschaft.

Bringt man diese Faktoren in einen Zusammenhang, so ergibt sich daraus eine Formel, die gemeinhin zur eingehenden Bewertung von Klimarisiken dient.

<b>Klima- bedingte Gefahren</b>	×	<b>Anfälligkeit eines Vermö- genswertes</b>	×	<b>Auswirkung</b>	=	<b>Klimarisiko eines Vermö- genswertes</b>
(Wahrscheinlichkeit und Gefährdung)		(Ist er so ausgelegt, um der Gefahr standzuhalten?)		(Welche Folgen hat der Ausfall des Vermögenswertes?)		

Da der Ausfall kritischer Infrastrukturen zum Ausfall unverzichtbarer gesellschaftlicher Funktionen, wirtschaftlicher Aktivitäten, der öffentlichen Gesundheit und Sicherheit oder auch der Umwelt führen kann, sind die Auswirkungen immens. Das Risiko nimmt also zu, selbst wenn die Wahrscheinlichkeit, dass es zu einem entsprechenden Ausfall kommt, möglicherweise gering ist.



# Untersuchung von Anfälligkeit und Schwachstellen

Um mehr Einblicke in Schwachstellen, Einfluss und Strategien von Städten beim Umgang mit den Auswirkungen des Klimawandels auf kritische Infrastrukturen zu erlangen, untersuchte Sweco die entsprechenden Vorgehensweisen von 26 Städten in Europa. Analysiert wurde das Vorgehen folgender Städte: Amsterdam, Antwerpen, Athen, Barcelona, Berlin, Brügge, Brüssel, Kopenhagen, Glasgow, der Großraum Manchester, Helsinki, Heidelberg, Lissabon, London, Maastricht, Oslo, Paris, Posen, Prag, Rotterdam, Rom, Stockholm, Stavanger, Vejle und Warschau.

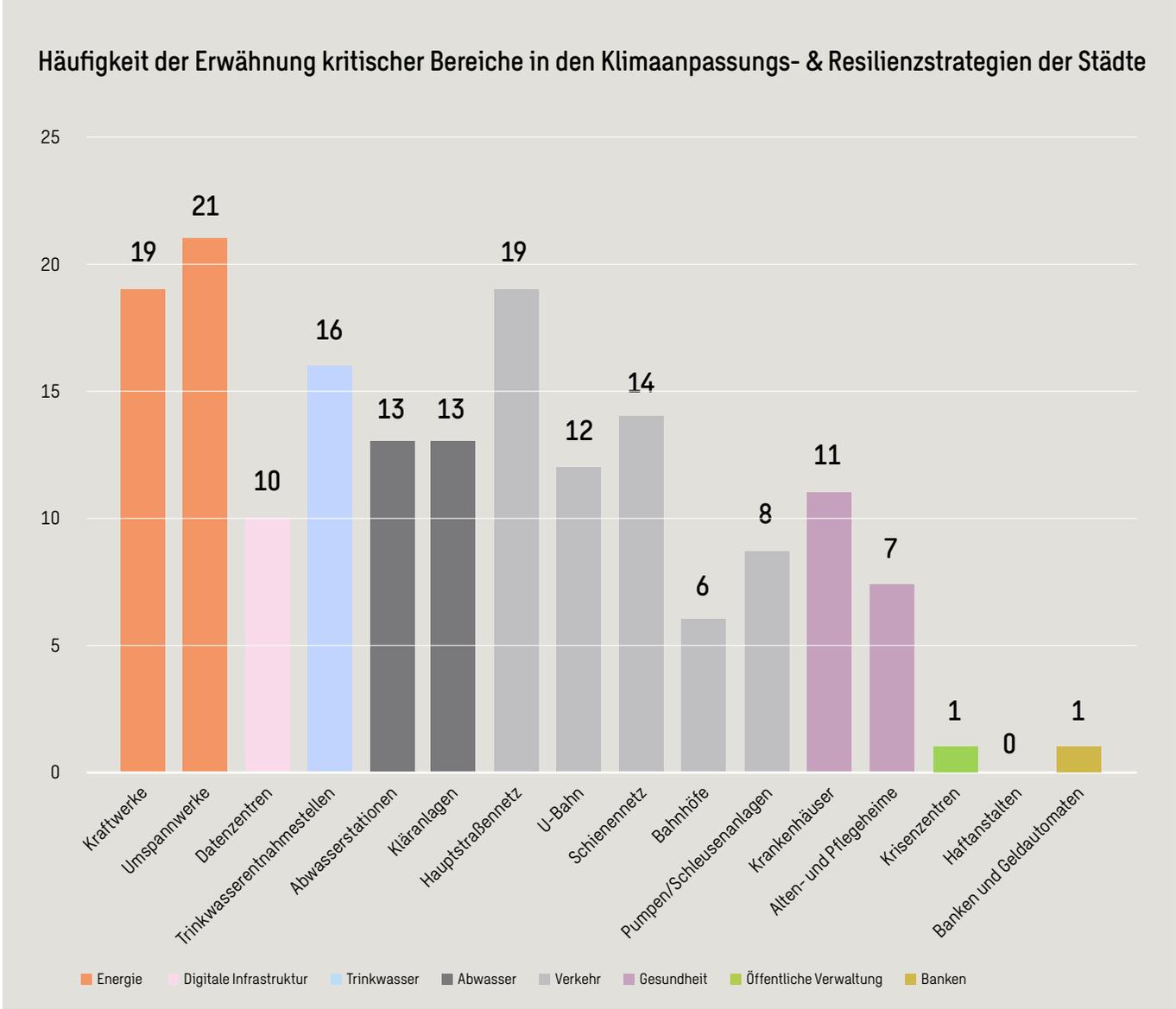
Erwähnenswert ist, dass der Schwerpunkt dieser Analyse nicht auf sektorenspezifischen Vorgehensweisen aller elf in der Richtlinie aufgeführten Bereiche lag, sondern auf Ansätzen für übergreifende Resilienz- und Wasserwirtschaftsstrategien.

Um noch tiefere Einblicke zu gewinnen, wurden zudem Vertreter\*innen acht europäischer Städte (Brüssel, Kopenhagen, Glasgow, Helsinki, Maastricht, Posen, Stavanger und Stockholm) befragt. Dabei teilten diese acht Städte faszinierende Erkenntnisse zu den jüngsten klimabedingten Ereignissen sowie ihren jeweiligen Strategien, Bedenken und Plänen zum künftigen Umgang mit ähnlichen Ereignissen mit. Die Ergebnisse zeigen auch deutlich, wie viele verschiedene Aspekte bei dem Versuch, kritische Infrastrukturen resilienter zu machen, zu berücksichtigen sind.

### Fokussierung auf Klimaanpassungsstrategien

Worauf also fokussieren sich Städte, wenn es um kritische Infrastruktur geht? Wir untersuchten die Wasserwirtschafts- und Resilienzstrategien von 26 Städten.

Dabei zeigte sich, dass der Schwerpunkt derzeit hauptsächlich auf den technischen und materiellen Elementen kritischer Infrastrukturen (wie Straßennetzen, Strom- und Wasserversorgung und entsprechenden Nachfragesystemen) liegt. Häufig wurden soziale Infrastrukturen, die essentiell für Gesundheit und Wohlbefinden sind (wie Krankenhäuser, Kindertagesstätten, Altenpflegeeinrichtungen oder auch Krisenzentren), außer Acht gelassen.



Die Grafik zeigt, wie häufig die untersuchten 26 Städte die verschiedenen Arten kritischer Infrastruktur in ihren jeweiligen Klimaanpassungsstrategien und Wasserwirtschaftsplänen erwähnen. In der Tabelle sind die einzelnen Infrastrukturbereiche farbig dargestellt.

### Die anfälligste Infrastruktur

Die Ergebnisse der Gespräche mit Vertreter\*innen der acht Städte zeigen, dass die Strategien sich mit jenen Bereichen befassen, die für am stärksten durch Überschwemmungen gefährdet gehalten werden, wie in der Tabelle unten dargestellt.

In allen Interviews wurden Hauptstraßennetze, Elektrizitätswerke und der Verkehr als die anfälligsten Elemente kritischer Infrastruktur genannt. Abgesehen von den materiellen Netzen gaben drei Städte an, dass auch die Bereiche „Gesundheit“ und „Umgang mit Personen,

die sich nicht um sich selbst kümmern können“ zu den am stärksten gefährdeten Sektoren gehören.

Interessanterweise führte keine der befragten Städte Banken, Krisenzentren und Haftanstalten als am stärksten gefährdete Elemente auf. Selbst Datenzentren fanden keinerlei Erwähnung. Nichtsdestotrotz spielen diese Infrastrukturelemente eine entscheidende Rolle wenn es darum geht, öffentliche Dienste und die Sicherheit aufrechtzuerhalten.

Die Interviews verdeutlichten auch, dass Städte vor allem die mit den Risiken einhergehenden Gefahren betrachten. Sind Vermögenswerte durch Überschwemmungen gefährdet und was kann man dagegen unternehmen? Der andere mit Risiken einhergehende Aspekt – nämlich die Schwachstellen der Vermögenswerte selbst – wird kaum erwähnt. Sich darauf zu konzentrieren, die Schwachstellen der Vermögenswerte zu beheben, könnte daher ein wertvoller Beitrag zu mehr Resilienz sein.

### Die anfälligsten Infrastrukturen pro Stadt laut der durchgeführten Befragungen

<p><b>Brüssel</b></p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) U-Bahn</li> <li>2) Kläranlagen</li> <li>3) Hauptstraßennetz</li> </ol>	<p><b>Maastricht</b></p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Hauptstraßennetz</li> <li>2) Stromumspannwerke</li> <li>3) Krankenhäuser</li> <li>4) Altenheime</li> <li>5) Pflegeheime</li> </ol>
<p><b>Kopenhagen</b></p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Hauptstraßennetz</li> <li>2) Stromumspannwerke</li> <li>3) Schienennetz</li> <li>4) Krankenhäuser</li> </ol>	<p><b>Posen</b></p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Abwasserstationen</li> <li>2) Pumpen/Schleusenanlagen</li> <li>3) Hauptstraßennetz</li> <li>4) Trinkwasserentnahmestellen</li> <li>5) Kläranlagen</li> </ol>
<p><b>Glasgow</b></p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Hauptstraßennetz</li> <li>2) Schienennetz</li> <li>3) U-Bahn</li> <li>4) Schulen und Kindertagesstätten</li> <li>5) Pflegeheime</li> </ol>	<p><b>Stavanger</b></p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Hauptstraßennetz</li> <li>2) Abwasserstationen</li> <li>3) Stromumspannwerke</li> <li>4) Trinkwasserentnahmestellen</li> <li>5) Bahnhöfe</li> </ol>
<p><b>Helsinki</b></p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Hauptstraßennetz</li> <li>2) Stromumspannwerke</li> <li>3) Pumpen/Schleusenanlagen</li> <li>4) Kläranlagen</li> <li>5) Krankenhäuser</li> </ol>	<p><b>Stockholm</b></p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Hauptstraßennetz</li> <li>2) Schienennetz</li> <li>3) U-Bahn</li> <li>4) Stromumspannwerke</li> <li>5) Schulen und Kindertagesstätten</li> </ol>

## Zitate aus den Interviews und Zusammenfassung der wichtigsten Themen

„ Einige Bürger\*innen sorgen sich nun jedes Mal, wenn es regnet. Das schadet ihrer psychischen Gesundheit.

*Glasgow*

„ Die Überschwemmungen führten dazu, dass bereits eingeleitete Maßnahmen als notwendig und die Zusammenarbeit zwischen Behörden als entscheidend anerkannt wurden.

*Stavanger*

„ Weil Abwasser- und Abflusssysteme versagten, wurden Schienenwege überflutet.

*Stockholm*

„ Es wurden Gebäude in der Innenstadt beschädigt und Straßen überflutet.

*Helsinki*

„ 15 Minuten später hätten wir das Rigshospitalet (staatliches dänisches Krankenhaus) evakuieren müssen.

*Kopenhagen*

„ Entscheidende Einrichtungen des Krankenhauses befinden sich im Untergeschoss. Man fürchtete, dass Wasser eindringt. Das könnte zur Schließung des Krankenhauses führen.

*Maastricht*

„ Die U-Bahn und viele Tunnel wurden während des Starkregens überflutet und das Klärwerk befindet sich im Überschwemmungsgebiet.

*Brüssel*

„ Kellerräume in Schulen und Krankenhäusern wurden überflutet.

*Posen*

Befragt wurden Vertreter\*innen acht europäischer Städte (Brüssel, Kopenhagen, Glasgow, Helsinki, Maastricht, Posen, Stavanger und Stockholm), um bessere Einblicke in die jeweiligen mit Klimafragen in Zusammenhang stehenden Ereignisse, Strategien, Bedenken und Zukunftspläne zu erhalten.

Die Ergebnisse offenbaren die zahlreichen Faktoren, die beim Versuch, kritische Infrastrukturen resilienter zu machen, zu berücksichtigen sind.

Wichtig ist, die Wechselwirkung zwischen Infrastruktursystemen anzuerkennen und Kaskadeneffekte durch Zusammenarbeit zwischen den Verwaltungsstellen zu bewerten.

# Überschwemmungen im städtischen Raum

Bei der Befragung gaben die Städte verschiedene Gründe für die Gefährdung der Infrastruktur durch Überschwemmungen an. Zu den Faktoren, die zur Gefährdung einer Stadt beitragen, gehören natürlich der Klimawandel und das Eintreten von Extremniederschlägen in kurzen Zeiträumen.

Doch auch andere Elemente spielen eine Rolle, etwa die Urbanisierung. Viele europäische Städte sind auf urbane Verdichtung ausgerichtet – was gelegentlich auf Kosten grüner und blauer Strukturen in der Stadt geschieht.<sup>10</sup> Auch veraltete, unzureichende Infrastrukturen und eine bestimmte geographische Lage wurden sowohl in Befragungen als auch bei der Analyse von Strategien als erschwerende Faktoren ausgemacht.

Der Ort, an dem sich eine Stadt befindet, macht diese einzigartig, birgt aber auch spezielle Risiken, die zu berücksichtigen sind. Helsinki, beispielsweise, ist aufgrund seiner geographischen Lage besonders gefährdet: Hier ist die Gefahr eines vom Meer ausgehenden Hochwassers in Zusammenwirken mit niederschlagsinduzierten Überflutungen besonders groß.

Während sich die geographische Lage einer Stadt nicht verändern lässt, kann bei der Wahl eines geeigneten Standorts für kritische Infrastrukturen die Struktur von Gewässersystemen und Böden sehr wohl in Betracht gezogen werden. Ein Krankenhaus würde man etwa eher auf einer Anhöhe als in einer Flussniederung neu errichten. In den Niederlanden wurden kürzlich neue Richtlinien verabschiedet, die vorsehen, bei der Raumplanung Bodenstrukturen und die Anordnung von Gewässern zugrunde zu legen. Werden bereits bei der Planung von Raumordnung und kritischen Infrastrukturen die natürlichen Bedingungen bestimmter Standorte berücksichtigt (etwa hochwassergefährdete Bereiche, schwache Böden, Erosion), sind im Zuge der tatsächlichen Bauphase weniger technische Lösungen vonnöten.



The background of the slide is a close-up photograph of water with numerous ripples from raindrops. The water is a deep blue color, and the ripples create a complex, textured pattern of concentric circles and smaller waves. A semi-transparent white rectangular box is centered in the upper half of the image, containing the title text.

# Die Folgen versagender Infrastruktur – die unsichtbaren Effekte

# Kaskadeneffekte

Kaskadeneffekte sind ein wichtiger Grund dafür, warum die Folgen und daraus entstehende Risiken für kritische Infrastrukturen schwerwiegender sind. Infrastruktursysteme stehen zueinander in Wechselwirkung. Der Ausfall eines Systems kann – fallenden Dominosteinen gleich – das Versagen weiterer nach sich ziehen.

Eines dieser Kaskadeneffekte-auslösenden Ereignisse trug sich im Sommer 2007 im Vereinigten Königreich zu. Zehntausende Menschen mussten ausgedehnte Stromausfälle erdulden; weitere 350.000 Personen hatten bis zu 17 Tage lang keinen Zugang zu Trinkwasser.<sup>10</sup> In der Folge saß außerdem eine beträchtliche Anzahl an Personen aufgrund von Störungen im Verkehrsnetz fest. Es reicht also nicht, nur

mit der Resilienz eines Systems vertraut zu sein. Die Wechselbeziehungen sollten im Detail dargelegt werden, damit wirklich nachvollziehbar wird, was geschieht, wenn ein System ausfällt.

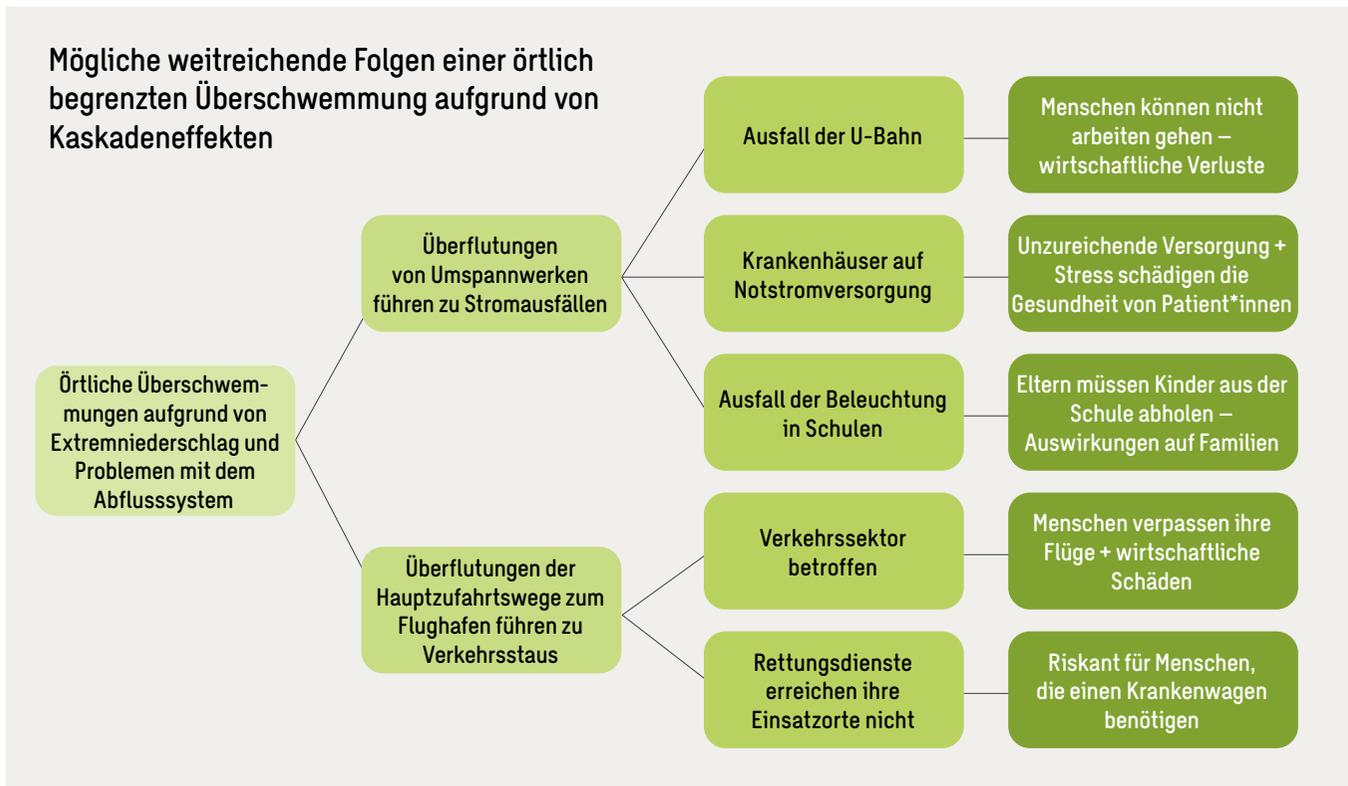
Laut den Befragten sind folgende Bereiche am anfälligsten für Kaskadeneffekte:

1. Verkehr
2. Wasserkreislauf
3. Elektrizität
4. Gesundheit
5. Personengruppen, die sich nicht um sich selbst kümmern können

Doch was kann passieren, wenn einer dieser Bereiche aufgrund von Extremniederschlägen ausfällt? Die sich daraus möglicherweise ergebenden Kaskadeneffekte sind in der Abbildung unten dargestellt.

Bei unserer Betrachtung der Strategien stießen wir auf das Beispiel der Stadt Glasgow, welche die Wechselwirkungen zwischen Netzwerken und diesbezügliche Kaskadeneffekte gründlich untersucht hat. Abgebildet wurde dies zunächst auf nationaler Ebene. Die Stadtregion arbeitet nun unter anderem mit der University of Edinburgh, Scottish Water, dem Scottish Power Energy Network, BT (Telekommunikation), SGN (Gas) und SEPA (der schottischen Umweltschutzbehörde „Scottish Environment Protection Agency“) zusammen, um diese Wechselwirkungen zu verstehen. Durch das Projekt wurde eine Reihe von Abhängigkeiten zwischen der Straßen-, Schienen-, Wasser-, Gas-, Strom- und Telekommunikationsinfrastruktur aufgezeigt. Daraus folgten Gespräche darüber, wie man diese Probleme angehen kann.

Wie in der Abbildung links dargestellt, hat der Ausfall von Infrastruktursystemen Folgen für Menschen, die Wirtschaft und auch die Umwelt. Im Hinblick auf wirtschaftliche Verluste könnte sich dies wie folgt gestalten: Aufgrund von Stromausfällen oder der direkten Überschwemmung von U-Bahn-Stationen (wie in New York geschehen), kommt der städtische Verkehr zum Erliegen, sodass eine beträchtliche Anzahl von Einwohner\*innen nicht mehr zur Arbeit pendeln kann. Angestellte kommen also nicht mehr an ihre Arbeitsplätze – die Folge sind wirtschaftliche Verluste.



In einem 2019 veröffentlichten Bericht mit dem Titel „How to Survive Without Electricity“ („Überleben ohne Elektrizität“), berechnete Sweco, was es in einer Stunde kostet, wenn an Arbeitsplätzen kein Strom zur Verfügung steht.<sup>11</sup> Natürlich unterscheidet sich diese Kostenstruktur nach Ländern, insbesondere angesichts der Inflation der vergangenen Jahre. Es steht zu erwarten, dass die tatsächliche finanzielle Belastung noch viel höher ist. Dennoch bietet die Studie bereits einen guten Überblick darüber, wie rasch die Kosten eskalieren.

*Beispielhafte Kostenkalkulation:*

### Was würde ein einstündiger Stromausfall Unternehmen, Organisationen und Institutionen kosten?

Bürogebäude für 1.000 Angestellte ohne Strom	67.000 Euro
Ein Supermarkt ohne Strom	6.000 Euro
Ein Einkaufszentrum ohne Strom	100.000 Euro
Eine industrielle Produktionsstraße ohne Strom	100 Euro pro Mitarbeiter*in

### Tatsächliche Kosten eines Stromausfalls pro Stunde<sup>11</sup>

Beispielsweise fiel im September 2003 ein Baum auf eine Hauptstromleitung in der Schweiz. Das hatte Auswirkungen bis in den Süden Italiens und verursachte Schäden in Höhe von rund 1,2 Milliarden Euro. Etwa 56 Millionen Menschen waren – hauptsächlich in Italien, jedoch auch in der Schweiz – stundenlang ohne Strom.<sup>12</sup>

Unglücklicherweise mussten einige Städte bereits unmittelbare Erfahrungen mit Kaskadeneffekten machen. Im Folgenden beleuchten wir einige Beispiele aus der jüngeren Vergangenheit. Die Fachleute, mit denen wir sprachen, konnten sich an die Ereignisse so gut erinnern, als hätten sie sich erst am Tag zuvor zugetragen.

### Kopenhagen, Juli 2011

## Blicken wir zurück auf das Jahr 2011, als in Kopenhagen innerhalb nur weniger Stunden 15 Zentimeter Niederschlag fielen.

Dieser Wolkenbruch hatte schwerwiegende Folgen für die betroffenen Menschen. Verschiedene Teile Kopenhagens wurden überflutet – und mit ihnen auch die dort befindlichen Wohnhäuser, Geschäfte und öffentlichen Bereiche. Die städtische Infrastruktur und öffentlichen Räume wurden stark geschädigt.

Auch kritische Infrastruktur war betroffen. Verkehrsnetze – einschließlich Straßen und öffentlichem Nahverkehr – kamen zum Erliegen, was Verspätungen und andere Schwierigkeiten im Reiseverkehr nach sich zog. Der Schienenverkehr war eine ganze Woche lang gestört. Aufgrund von Wasser, das in elektrische Anlagen eindrang, und ausfallenden Geräten kam es in einigen Gegenden zu Stromausfällen. 10.000 Haushalte waren bis zu zwölf Stunden lang ohne Strom und 50.000 Haushalte hatten bis zu einer Woche lang weder Heizung noch Warmwasser. Die entsprechenden Versorgungsleistungen sind das Rückgrat für das verlässliche Funktionieren einer Stadt. Ohne Strom kommen Geschäfte, Verkehr und auch das Leben selbst allmählich zum Erliegen. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich die Notrufzentralen in Kopenhagen in einem Untergeschoss. In letzter Minute mussten alle Server auf Paletten gestellt werden, um etwaige Ausfälle zu verhindern. Außerdem befanden sie sich nur 15 Minuten vom staatlichen dänischen Krankenhaus Rigshospitalet entfernt, in dem man bereits damit begonnen hatte, die Patient\*innen zu evakuieren.

Betrachten wir, um einen Eindruck vom Ausmaß der Folgen zu bekommen, was geschieht, wenn ein Krankenhaus überflutet wird. Das tatsächliche Ausmaß variiert möglicherweise abhängig vom jeweiligen Standort. Schon bei einem Wasserstand von nur wenigen Zentimetern funktionieren unter Umständen die üblichen Vorkehrungen für die Versorgung mit Wasser, Strom und Lebensmitteln nicht mehr. Für gewöhnlich unterhalten Kranken-



„ Die Server der Kopenhagener Notrufzentrale standen 2011 in einem Untergeschoss. In letzter Minute konnten wir sie auf Paletten heben und dafür sorgen, dass sie nicht ausfallen.

häuser Notstromaggregate für den Fall, dass die Elektrizitätsversorgung ausfällt. Gibt es jedoch keinen Zugang zu Trinkwasser, muss evakuiert werden. Sind auch die Verkehrswege in der unmittelbaren Umgebung betroffen, wird es extrem herausfordernd, die Patient\*innen des Krankenhauses zu versorgen, zu ernähren und die benötigten Medikamente bereitzustellen. Außerdem gelingt es Patient\*innen im Falle von Überschwemmungen möglicherweise nicht, das nächstgelegene Krankenhaus zu erreichen. Seit 2011 führt Kopenhagen groß angelegte Maßnahmen durch, um sich mit einem blau-grünen Ansatz auf die nächsten Niederschlagsereignisse vorzubereiten. Zum damaligen Zeitpunkt waren gerade einmal drei strategische Mitarbeiter\*innen in diesem Bereich tätig. Heute arbeiten 55 Personen daran, den Plan für Extremniederschlagsereignisse umzusetzen. Sie haben inzwischen definiert, wo und wie man tätig werden muss.

Posen, 22. Juni 2021

Am 22. Juni 2021 wurden während eines Extremniederschlagsereignisses im polnischen Posen zahlreiche Hauptverkehrswege der Stadt so stark überflutet, dass sie nicht mehr benutzt werden konnten.

An diesem einen Tag fielen dort mit 79,6 mm besonders intensive Niederschläge – 90 % davon innerhalb von nur anderthalb Stunden. Dabei wurden viele Bereiche der Stadt überflutet und kamen für einen Zeitraum von fünf bis sieben Stunden zum Erliegen.

Auf zahlreichen Hauptstraßen der Stadt stand das Wasser so hoch, dass es nicht mehr möglich war, sie zu überqueren. Darüber hinaus wurden auch viele Durchgänge unter Viadukten, wie dem Kobylepole- und Podwale-Viadukt, überflutet. Dies führte zu erheblichen Kommunikationsproblemen, insbesondere im Autoverkehr und – aufgrund überfluteter Straßenbahngleise – im öffentlichen Nahverkehr.

Zudem wurden kommunale Einrichtungen wie Krankenhäuser und Schulen (insbesondere Einrichtungen mit Keller) überschwemmt. Auch unterirdisch gelegene Privaträumlichkeiten und Parkhäuser wurden überflutet. Die übermäßige Belastung von Straßen und Gehwegen durch Schadstoffe aus der Mischkanalisation beeinträchtigte den Verkehr in Posen, da die Stadt Straßen für Reparatur- und Reinigungsarbeiten sperren musste. Aufgrund der Mischkanalisation kam es nach dem Überlaufen des Systems zu Ablagerungen großer Mengen der im Wasser enthaltenen Schadstoffe.

Die Intensität der Niederschläge überraschte sämtliche Dienste und beeinträchtigte die kommunalen Einrichtungen. Am Tag, als der Extremniederschlag fiel, arbeiteten die städtischen Dienste unermüdlich daran, dessen Folgen einzudämmen. Noch in den auf das Ereignis folgenden Wochen waren zusätzliche



Anstrengungen zur Behebung und Beseitigung der Schäden erforderlich. Darüber hinaus muss die Stadt auf zahlreiche Personen und Institutionen eingehen, die Entschädigungen für die durch die Überflutung verursachten Schäden beantragen.

Inzwischen konzentriert sich die Stadt bereits auf die Errichtung robusterer grün-blauer Strukturen, um die Gefährdung durch niederschlagsinduzierte Überschwemmungen zu mindern (dies geschieht durch Instandhaltung und Wiederaufbau von Stauseen und Wasserläufen und indem weitere kleine Versickerungsflächen vor Ort geschaffen werden).

„ Das Dach einer erst kurz zuvor errichteten Sporthalle stürzte ein. Alle Kinder wurden rechtzeitig evakuiert, es kam also niemand zu Schaden.

## Maastricht, Juli 2021 und September 2023

Die niederländische Stadt Maastricht wurde im Juli 2021 und im September 2023 von einer Anhäufung schwerer und langsam ziehender Regenschauer getroffen. Dieses Extremwetter führte zu Schäden und Beeinträchtigungen.

Im Jahr 2021 waren in Maastricht die überfluteten Keller der Privatwohnhäuser im südwestlichen Teil der Stadt das vorrangige Problem. Dabei war Maastricht jedoch nicht die am schwersten betroffene Gegend. Die kritische Infrastruktur der Stadt wurde nicht stark beschädigt, da der Regen über einen längeren Zeitraum hinweg fiel und das Wassersystem der Stadt damit nicht überfordert war. Befürchtet wurde, dass der große Fluss Maas möglicherweise Hochwasser führen könnte und in der Folge 10.000 Menschen in der Region hätten evakuiert werden müssen.

Am 12. September 2023 kam es erneut zu einem Extremniederschlagsereignis, das Überschwemmungen verursachte und zu überfluteten Straßen etwa in Maastricht, Geleen und Valkenburg führte. Die Lokalzeitung berichtete, dass die Einwohner\*innen über die Wassermengen schockiert seien. Die Maastrichter Bahnhofshalle sowie die Keller mehrerer Schulen wurden überflutet und durch das Wasser beschädigt. Aufgrund der Überschwemmung waren einige Abschnitte der Autobahn A2 in Richtung Eindhoven vorübergehend gesperrt. Zudem wurde, abgesehen von einigen lokalen Straßen, auch die Autobahn A76 in Richtung Aachen in der Nähe von Geleen aufgrund von überlaufendem Wasser gesperrt. Sogar das Untergeschoß des UMC-Krankenhauses in Maastricht wurde überflutet, der Schaden war jedoch gering und die Gesundheitsversorgung wurde aufgrund der Überschwemmung nicht beeinträchtigt.<sup>15</sup>

Das Beispiel Maastricht zeigt, dass die genaue Lage, die Dauer und die Menge des Regens das Ausmaß der Beeinträchtigung kritischer Infrastrukturen entscheidend beeinflussen können.



„ Es gibt Menschen, die eine Überschwemmung erlebt haben und stündlich das Niederschlagsradar überprüfen, wenn Regen aufzieht.“

Wir bei Sweco halten es für wichtig, die Geschichten derjenigen zu teilen, die solche Ereignisse erlebt haben. Es hilft uns, die Prozesse zu verstehen, die als Folge von Extremniederschlagsereignissen ablaufen, die früher für unmöglich gehalten wurden.

Beim Erzählen dieser Geschichten geht es nicht darum, zu urteilen. Es kann extrem schwierig sein, ein Worst-Case-Szenario zu verstehen und die möglicherweise eintretenden Kaskadeneffekte vorherzusehen. Deshalb ist Erfahrungsaustausch unerlässlich. Bei Sweco haben wir uns sehr über die Bereitschaft der Expert\*innen gefreut, ihre Erfahrungen weiterzugeben, um anderen Städten dabei zu helfen, sich effektiver auf entsprechende Situationen vorzubereiten.

## Die unsichtbaren Folgen für Bürger\*innen

Bei niederschlagsinduzierten Überschwemmungen können Menschen auf vielfältige Weise von ausfallender Infrastruktur betroffen sein. Beschädigungen an Infrastrukturen oder beispielsweise Gebäuden wie Schulen oder auch Unterbrechungen des U-Bahnverkehrs sind offenkundig und können schnell als finanzielle Verluste quantifiziert werden.

Psychische Schädigungen hingegen sind weniger augenfällig. Jene befragten Stadtvertreter\*innen, die entsprechende Katastrophen bereits erlebt hatten, deuteten an, dass dieser Aspekt oft übersehen wird.

Eine befragte Person aus Maastricht bestätigte, dass es zu psychischen Schädigungen kommen kann und den Menschen bewusst ist, dass ihre Häuser, Besitztümer und unmittelbaren Umgebungen gefährdet sind. „Die Auswirkungen auf die menschliche Psyche werden unterschätzt. Es gibt Leute, die stündlich das Regenradar überprüfen, weil sie fürchten, gefährdet zu sein.“

Eine unsichtbare Folge ist, dass viele Menschen bei jedem weiteren Niederschlagsereignis anhaltend gestresst sind. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Extremniederschläge und darauf folgende Überschwemmungen Menschen auf verschiedenen Ebenen der Maslowschen Bedürfnishierarchie beeinträchtigen können.<sup>14</sup> Solche Naturkatastrophen gefährden Grundbedürfnisse und das Gefühl von Sicherheit, Stabilität und Wohlbefinden. Werden soziale Infrastrukturen beeinträchtigt, können die Folgen gravierend sein, da die physiologischen Abläufe und Sicherheitsbedürfnisse der Menschen gefährdet sein können. Dies gilt insbesondere in Zusammenhang mit Einrichtungen wie Schulen, Krankenhäusern, Altenpflegeheimen und Haftanstalten, wo Menschen nicht eigenständig sind und betreut werden müssen. Sind diese Einrichtungen betroffen, müssen Rettungsdienste deutlich mehr leisten. Und Ressourcen für groß angelegte Evakuierungen stehen möglicherweise nicht rechtzeitig zur Verfügung.



Auch die längerfristigen Auswirkungen sollten betrachtet werden. Nach einer Überschwemmung sorgen sich die Leute darum, wie wahrscheinlich es ist, dass ein solches Ereignis erneut eintritt und fürchten um die Sicherheit ihrer Gemeinschaft. Dies kann selbst bei normalem Niederschlag zu anhaltender Angst und Stress führen.

Es fällt auf, dass den Folgen, die Ausfälle kritischer Infrastrukturen auf Menschen haben (einschließlich etwaiger seelischer Beeinträchtigungen), in den Strategiepapieren nicht immer genügend Aufmerk-

samkeit geschenkt wird – gelegentlich werden sie sogar vollkommen außer Acht gelassen. Neben dem Wiederaufbau von Häusern und Infrastrukturen ist auch ein Augenmerk auf psychische Belastbarkeit unabdingbar, damit eine Stadt gut „funktioniert“.

# Schlussfolgerungen und wichtige Erkenntnisse



## Welches sind nun die wichtigsten aus der Studie gewonnenen Erkenntnisse?

Der Resilienz städtischer Infrastruktur wird mehr und mehr Aufmerksamkeit zuteil. Und das ist auch gut so, denn Ausfälle können schwerwiegende Folgen haben. Auf Grundlage unserer Recherche präsentieren wir hier nun die wichtigsten Erkenntnisse, von denen wir der Ansicht sind, dass politische Entscheidungsträger\*innen und Projektmanager\*innen in den Städten sie bei ihrer Arbeit berücksichtigen sollten:

- **Untersuchen sollte man nicht nur die Gefährdung, sondern auch die Anfälligkeit und die Schwachstellen kritischer Infrastrukturen sowie die Folgen ihres möglichen Ausfalls.**

Bei der Bewertung von Klimarisiken sollten Städte auch kritische Vermögenswerte und Netzwerke untersuchen. Heutzutage tendieren Städte dazu, bei der Bewertung von Klimarisiken einen rein flächenbezogenen Ansatz zu verfolgen, wobei ermittelt wird, ob Vermögenswerte möglicherweise durch Überschwemmungen gefährdet sind. Für verlässlichere Risikobewertungen sind jedoch mehr Kenntnisse über und Informationen zu den Schwachstellen der Vermögenswerte selbst erforderlich. Die tatsächliche Gefährdung eines Umspannwerkes oder Krankenhauses ist häufig abhängig von dessen Standort und Bauweise. Befinden sie sich auf einer Anhöhe, verfügen sie über wasserdicht verschließbare Türen und sind elektrische Einrichtungen im Keller oder im Erdgeschoß untergebracht? 30 Zentimeter Niederschlag stellen beispielsweise für einige Krankenhäuser ein Problem dar – nicht jedoch für alle. Das erschwert allerdings jede Analyse. Solche Untersuchungen können nicht allein von mit der Wasserwirtschaft betrauten Personen durchgeführt werden, da nicht nur Kenntnisse über Ort und Höhe möglicher Überschwemmungen sondern auch über die Schwachstellen der Infrastruktur erforderlich sind.

- **Die Kaskadeneffekte sind zu untersuchen.**

Infrastruktursysteme sind voneinander abhängig, sodass der Ausfall eines Systems auch andere Systeme in Mitleidenschaft ziehen kann. Diese Kaskadeneffekte können unerwartete und schwerwiegende gesellschaftliche Folgen haben. Bei der Analyse der Kaskadeneffekte müssen häufig Kenntnisse und Informationen aller Betreiber anfälliger Infrastrukturen – Behörden und Unternehmen – zusammengeführt werden. In einem ersten wichtigen Schritt sollten die entsprechenden Institutionen daher die Auswirkungen



von Extremniederschlägen auf eigene Vermögenswerte sowie deren Schwachstellen und Gefährdung bewerten. Sobald die Organisationen Einblick in die für ihre eigenen Vermögenswerte bestehenden Risiken haben, können die Ergebnisse miteinander in Verbindung gebracht und Kaskadeneffekte untersucht und erörtert werden. So gut wie keine der in diesem Bericht erfassten Städte betrachtete die Kaskadeneffekte im Detail.

- **Die Risiken für technische wie auch für soziale Infrastrukturen sollten bewertet werden.**

Um die Resilienz zu erhöhen, konzentrieren sich Städte häufig darauf, den Ausfall jener technischen Infrastrukturen zu verhindern, die (zumindest teilweise) von der Stadt selbst betrieben werden. Doch auch der Ausfall sozialer Infrastrukturen hat oftmals unmittelbare und sehr weitreichende Konsequenzen. Sind Alten- oder Pflegeheime, Krankenhäuser, Haftanstalten oder zoologische Gärten von einem Extremniederschlagsereignis betroffen, hat dies schwerwiegende Folgen und erfordert den groß angelegten Einsatz von Rettungsdiensten.

- **Die Kontrolle von Katastrophenrisiken muss gestärkt werden und es sind eindeutige handlungsorientierte Ziele zu definieren.**

Basierend auf der Bewertung der Risiken und möglichen Maßnahmen einzelner Bereiche, sollten entsprechend den Zuständigkeiten der jeweiligen Organisationen handlungsorientierte Ziele festgelegt werden. Uneingeschränkter Schutz vor Klimarisiken kann es nicht geben. Doch welcher Gefährdungsgrad ist vertretbar? Und welcher Investitionsumfang ist zur Eindämmung von Risiken akzeptabel? Letzten Endes ist dies eine politische Entscheidung. Wichtig ist die Erkenntnis, dass nicht alle Vermögenswerte nach ein- und demselben Standard geschützt werden müssen. Zudem muss angesichts der Komplexität der Risikoanalyse ein gewisses Maß an Unsicherheit in Kauf genommen werden, wenn man vorkommen möchte. Mehr Resilienz kann erreicht werden, indem man strukturelle Maßnahmen umsetzt und Systeme robuster gestaltet. Dabei sollten andere Leistungen jedoch nicht vergessen werden. Die Fähigkeit, auf Notfälle zu reagieren bzw. jene, Komponenten schnell zu reparieren und auszutauschen, sollten Teil der Strategie sein.

- **Es sind Synergien auf Ebene von Vermögenswerten zu schaffen.** Maßnahmen, mit denen resiliente Systeme geschaffen werden

sollen, können darauf ausgerichtet sein: 1) die Gefährdung durch Klimarisiken zu minimieren; 2) Anfälligkeit und Schwachstellen zu beseitigen oder 3) die Auswirkungen einzudämmen. Werden Maßnahmen auf der Ebene von Vermögenswerten ergriffen, um deren inhärente Anfälligkeit zu vermindern, können diese mit anderen auf Vermögenswerte abzielende Maßnahmen kombiniert werden, um mehrere Probleme gleichzeitig anzugehen. Die Phase der wirtschaftlichen Nutzbarkeit von elektrotechnischen und mechanischen Komponenten beläuft sich häufig auf etwa 25 Jahre. Gebäude bestehen länger: 50 bis 100 Jahre oder noch mehr. Tätig zu werden, wenn Komponenten ausgetauscht werden müssen, ist in jedem Fall deutlich kosteneffizienter, als dies vorzeitig zu tun. Das Kosten-Nutzen-Verhältnis von Maßnahmen verbessert sich dadurch beträchtlich. Auch wird im Zuge der Energiewende in den kommenden Jahren viel Geld in neue Infrastrukturen wie beispielsweise die Strominfrastruktur investiert werden. Dabei bietet sich die einmalige Gelegenheit, es gleich richtig zu machen und neue Infrastrukturen von Anfang an so zu schaffen, dass sie den neuen, klimasicheren Anforderungen genügen.

- **Resilienz beginnt mit dem Bauen am richtigen Standort.**

Gebaut werden sollte an Standorten, die durch mögliche Extremniederschlagsereignisse wenig gefährdet sind. Es ist deutlich einfacher und kostengünstiger, kritische Infrastrukturen an nicht-gefährdeten Standorten klimasicher zu machen. Umspannwerke oder Rechenzentren auf Anhöhen zu errichten, schafft mehr Klimasicherheit und ist häufig kostengünstiger, als die Gebäude gegen eindringendes Wasser zu sichern. Auch wenn bestehende Infrastrukturen nachgerüstet oder ausgetauscht werden müssen, sollte die Verlegung des Gebäudestandortes in Betracht gezogen werden. Dies könnte eine gute Option zur Verbesserung der Resilienz sein.

- **Für neue Infrastrukturen sollten funktionelle Anforderungen definiert werden.**

In der CER-Richtlinie werden bereits elf Bereiche kritischer Infrastruktur benannt. In jedem dieser Bereiche gibt es viele verschiedene Arten von Vermögenswerten, aus denen die kritische Infrastruktur besteht. Aus diesem Grund ist es unmöglich, die Resilienz über eine einzige, allgemeingültige Vorgabe zu definieren. Dennoch braucht es beim Ausgestalten neuer Bereiche Standards und



Vorgaben. Wir empfehlen, Fachleute damit zu beauftragen, für jede Art Infrastruktur eine Reihe funktioneller Anforderungen auszuarbeiten, die mit dem Klimawandel in Zusammenhang stehen. In den Niederlanden wurde ein Rahmenkonzept für eine klimaadaptive und grüne Stadtentwicklung geschaffen, das einige Standards für kritische Infrastrukturen umfasst. Sweco ist derzeit an der Ausarbeitung konkreter Vorgaben für jeden Bereich beteiligt.

- **Die unsichtbaren Folgen sollten bedacht werden.**

Auffällig ist, dass den Folgen, die Ausfälle kritischer Infrastrukturen auf Menschen haben (einschließlich etwaiger seelischer Beeinträchtigungen), in den Strategiepapieren häufig nicht viel Aufmerksamkeit geschenkt wird und sie gelegentlich sogar völlig außer Acht gelassen werden. War jemand schon einmal ernsthaft von einer Überschwemmung betroffen, kann die Furcht vor einem erneuten derartigen Erlebnis stark belastend sein. Neben dem Wiederaufbau von Häusern und Infrastrukturen, ist auch ein Augenmerk auf psychische Belastbarkeit unabdingbar, damit eine Stadt gut „funktioniert“.

# Empfehlungen

Der Aufbau von Resilienz  
ist keine Einbahnstraße



# Planung und Entwurf von verbesserter Resilienz

Da wir nun entsprechende Erkenntnisse haben, wie ergreifen wir am sinnvollsten Maßnahmen? Die CER-Richtlinie zeigt Wege hin zu einer resilienteren kritischen Infrastruktur auf. Bis 2026 sollten alle Länder eine Strategie zur Verbesserung der Resilienz kritischer Einrichtungen haben. Die Umsetzung der CER-Richtlinie stellt einen entscheidenden Schritt bei der Ausgestaltung der Kontrolle hinsichtlich resilienter kritischer Infrastrukturen dar. Um einen noch höheren Grad an Resilienz zu erreichen, muss man jedoch in verschiedenen Bereichen aktiv werden. Auch Städte spielen dabei eine Rolle. Erschwerend kommt hinzu, dass die zahlreichen Institutionen und Unternehmen, welche kritische Infrastrukturen betreiben – seien es die U-Bahn, das Stromnetz oder kritische Infrastrukturen im Bereich Wasserwirtschaft – stets nur einen Teil des Puzzles sehen. Daher braucht es auf dem Weg zur Resilienz sowohl die individuelle Bewertung von Risiken und Maßnahmen durch diese Institutionen als auch die Koordinierung verschiedener Bereiche durch die Regierung. Das Problem der Erhöhung der Resilienz kritischer Infrastrukturen zu lösen, mag als eine beängstigende Aufgabe erscheinen. Sie erfordert viel Fachwissen und ist wahrlich multidisziplinär:

- **Um die Gefährdung** durch niederschlagsinduzierte Überschwemmungen zu bewerten, müssen detaillierte hydrologische Modelle erstellt und mit auf Klimaszenarien basierenden Niederschlagsdaten gespeist werden.
- **Die Beurteilung von Anfälligkeit und Schwachstellen** erfordert konkretes Wissen darüber, was im jeweiligen Bereich entscheidend für den Betrieb eines bestimmten Vermögenswertes ist. Denken wir dabei beispielsweise nur an das Wissen, das erforderlich ist, um nachvollziehen zu können, wie ein Krankenhaus aufgebaut ist – mit seinen speziellen Anlagen für Strom, Sauerstoff und sicheres Trinkwasser und den spezifischen Anforderungen an den Betrieb etwa von Erste-Hilfe- und Intensivstationen. Oder an das Wissen über die Gestaltung von U-Bahnstationen. Wie viel Wasser kann eindringen, ehe der Betrieb gefährdet wird?
- **Die Abschätzung der Auswirkungen** erfordert ein Verständnis dafür, welche Folgen der Ausfall bestimmter Systeme für die Menschen hat. Wer ist betroffen und wie schwerwiegend sind die Konsequenzen?

## Ausgangspunkte und Zuständigkeiten nach Bereich und auf städtischer Ebene



### Bereichsebene – Verwaltung und Unterhaltung von Vermögenswerten

- Erstellen einer Liste der kritischen Infrastrukturen
- Bewerten der Gefährdung durch Risiken
- Bewerten der Anfälligkeit/Schwachstellen von Infrastrukturen
- Beurteilen der Auswirkungen von Risiken
- Festlegen von Zielen: Was ist akzeptabel?
- Einbinden der Maßnahmen in die Verwaltung bzw. den Betrieb der Vermögenswerte

Auch muss verstanden werden, welche Auswirkungen Ausfälle auf die Umwelt haben. Wenn Kläranlagen nicht mehr funktionieren, kann unbehandeltes Abwasser auf Straßen gelangen und gesundheitliche Probleme verursachen und auch gefährdete Natur schädigen. Und schließlich kann auch die Beurteilung der wirtschaftlichen Folgen von Ausfällen relevant sein. Wie groß sind die wirtschaftlichen Schäden aufgrund von Stromausfällen sowie nicht nutzbaren Straßen oder Zügen, die nicht verkehren?

Die Bewertung der Risiken für einen bestimmten Bereich ist eine multidisziplinäre Aufgabe. Diese Untersuchungen in einen Zusammenhang zueinander zu stellen, um Kaskadeneffekte zu identifizieren, ist die nächste Herausforderung und muss unter Leitung der jeweiligen Stadt oder städtischen Region selbst erfolgen. Gefährdungsanalysen werden

### Stadtebene – Einbeziehung

- Identifizieren kritischer städtischer Infrastrukturen
- Bereitstellen von Informationen zur Gefährdung
- Fördern von individuellen Risikobewertungen durch die Betreiber kritischer Infrastrukturen
- Zusammenführen der Informationen einzelner Bereiche zur Analyse der Kaskadeneffekte
- Ausarbeiten von Strategien und Vorgaben für kritische Infrastrukturen in Neubaugebieten
- Berücksichtigen von kritischen Infrastrukturen in Flächennutzungsplänen
- Erstellen einer Wissensagenda oder eines Plans zur Darstellung, wo zusätzliche Forschungsarbeit erforderlich ist
- Ergreifen von Maßnahmen, um der Gefährdung entgegenzuwirken

üblicherweise von der Stadt durchgeführt. Die Stadt kann einzelne Bereiche dazu ermutigen, entsprechende Informationen zur Durchführung von Risikobewertungen zu nutzen und die Führung bei der Planung und Zusammenführung dieser Analysen übernehmen. Folglich fordern wir Städte und Kommunen dazu auf, zunächst proaktiv auf die betroffenen Bereiche zuzugehen. Auf Grundlage aktueller Erkenntnisse und Informationen können wichtige Schritte eingeleitet sowie Lücken im Hinblick auf Wissen und Daten erkannt werden. Wenn sowohl Institutionen in den jeweiligen Bereichen als auch staatliche Stellen Verantwortung übernehmen und in das Zusammenwirken investieren, werden die Risikobewertungen präziser. In der Folge sind effektivere Investitionen in Resilienz möglich. Sollte beispielsweise in eine Minderung der Gefährdung investiert werden? Oder wären Investitionen in Maßnahmen, die auf bestimmte Vermögenswerte abzielen, wirkungsvoller?

## Der weitere Weg

Wir bei Sweco wissen aus früheren Projekten, dass der Aufbau von Resilienzen ein kontinuierlicher Prozess ist. Städte befinden sich in einem konstanten Wandel – und mit ihnen ändern sich auch die entsprechenden Risiken. Zudem verstehen wir auch den Klimawandel immer besser. Das IPCC veröffentlicht regelmäßig neue Klimaszenarien. Viele der Untersuchungen zu Gefahren basieren auf diesen Szenarien des IPCC und werden aus diesem Grund ebenfalls aktualisiert. All dies sind gute Gründe, Risiken regelmäßig neu zu bewerten und auch die Maßnahmen immer wieder anzupassen. Jede Wiederholung dieses Vorgangs erzeugt mehr Daten und Erkenntnisse für bessere Investitionsentscheidungen in resiliente kritische Infrastrukturen.

Das Streben nach resilienteren kritischen Infrastrukturen ist ein Prozess, bei dem Entscheidungen in Unsicherheit getroffen werden. Das System, um das es geht, ist vielschichtig und die möglichen Klimaszenarien unendlich. Daher ist unser wichtigster Rat, mit dem Analysieren zu beginnen. Man muss sich jedoch darüber im Klaren sein, dass Risikoanalysen und -bewertungen allein alles andere als erschöpfend und folglich weitere Maßnahmen erforderlich sind. Die hier präsentierten Schritte können dabei zur Orientierung dienen.



## Orientierungshilfe – Sieben Schritte hin zu resilienter Infrastruktur



**1** Auf nationaler Ebene sollten Länder beurteilen, über welche kritischen Einrichtungen sie verfügen und welche kritischen Infrastrukturen sie betreiben. Städte sollten sicherstellen, dass bekannt ist, wo sich diese kritischen Infrastrukturen befinden, und beurteilen, welche dieser Infrastrukturen auf nationaler Ebene möglicherweise nicht kritisch sind, vor Ort aber betrachtet werden sollten.

**2** Jeder Bereich sollte eigene Risikobewertungen durchführen, um: 1) die Gefährdung durch klimabedingte Gefahren, 2) die Anfälligkeit von Vermögenswerten und 3) die Auswirkungen ihrer Ausfälle in Erfahrung zu bringen. Dabei kann die Stadt helfen, indem sie Daten zur Gefährdungslage sowie standardisierte Systeme und Verfahren zur Risikobewertung anbietet. Dies kommt auch der Vergleichbarkeit zugute.

**3** Nach Durchführung der Risikobewertungen für die jeweiligen Bereiche kann das Zusammenwirken von Systemen untersucht werden, um Kaskadeneffekte und deren Auswirkungen zu beurteilen. Dies kann im Zuge der Arbeit auf einer allgemeinen qualitativen Ebene erfolgen. Werden mögliche Wechselwirkungen erkannt und für wichtig genug erachtet, können genauere Studien zur Untersuchung konkreter Szenarien mit höherer technischer Detailliertheit durchgeführt werden. Mithilfe dieser Informationen können Vermögenswerte dann basierend auf ihrer Gefährdung klassifiziert werden.

**4** Als nächster Schritt sollten für jeden Bereich mögliche Maßnahmen zum Schutz der als gefährdet erkannten Vermögenswerte bewertet werden. Dabei wird deutlich, dass die zur Eindämmung der Risiken erforderlichen Investitionen sehr unterschiedlich sein können. So kann z. B. eine wasserdichte Tür für nur 1.000 Euro in einigen Fällen den Ausfall einer kompletten Anlage und aller damit einhergehenden Risiken verhindern. In anderen Fällen lässt sich der Ausfall nur durch Verlagerung des Standort des betreffenden

Vermögenswertes verhindern – was Kosten in Höhe mehrerer Millionen Euro verursacht. Wie bereits erwähnt, kann zudem der Zeitpunkt, zu dem die Maßnahme ergriffen oder umgesetzt wird, den entscheidenden Unterschied machen.

**5** Erkenntnisse zu Risiken sowie möglichen Maßnahmen und deren Kosten gestatten es, Ziele zu definieren. Bei bestimmten Vermögenswerten kann die Stadt selbst eine politische Entscheidung über den vertretbaren Gefährdungsgrad und eine Strategie zur Verbesserung der Resilienz treffen, da sie diese Güter selbst unterhält. In anderen Bereichen haben Städte nur eingeschränkte Mitspracherechte. Dennoch sollten die Städte in den Prozess einbezogen werden, da sie durch wasserwirtschaftliche Maßnahmen Einfluss auf die Gefährdung von Vermögenswerten nehmen können. Darüber hinaus können sie durch Bau- und Flächennutzungsvorschriften Ziele und Regeln definieren, um die Anfälligkeit von künftig zu errichtenden Vermögenswerten zu verringern.

**6** Sind erst einmal Ziele definiert, können detailliertere Maßnahmen ausgearbeitet werden. Nun gilt es auch zu prüfen, wie Maßnahmen in den Unterhaltungskreislauf von Vermögenswerten integriert werden können und wo Synergien mit anderen Maßnahmen möglich sind.

**7** Zur Nachverfolgung der Fortschritte sollte für jeden Bereich ein Überwachungs- und Berichtssystem eingerichtet werden. Dafür müssen die zur Verbesserung der Resilienz ergriffenen Maßnahmen aufgezeichnet werden. Zudem sollten die Risikobewertungen regelmäßig – etwa alle vier bis sechs Jahre – aktualisiert werden. Dabei sind Änderungen im Hinblick auf Landnutzung oder Klimaszenarien, welche sich auf die Gefährdung auswirken könnten, ebenso wie die ergriffenen Maßnahmen, die sich auf Anfälligkeit und Schwachstellen auswirken, zu berücksichtigen.

# Über die Autor\*innen

Für Fragen und Anmerkungen stehen wir jederzeit zur Verfügung. E-Mail-Adresse: [urbaninsight@swecogroup.com](mailto:urbaninsight@swecogroup.com)



**MARTIJN STEENSTRA** ist Senior Consultant Water and Urban Planning im Bereich Stadtplanung und Umwelt bei Sweco in den Niederlanden. Er besitzt einen Abschluss in Landnutzungsplanung, den er an der Wageningen University & Research (WUR) erwarb. Im Jahr 2020 fungierte Martijn als leitender Experte für Urban Insight by Sweco. Er entwickelte das Programm zum Thema „Klimaschutz“ und leitete die Entwicklung von sechs Projekten zur Klimaanpassung und -entschärfung. Martijn wirkt an Projekten zur Bewertung der Klimarisiken kritischer Infrastrukturen mit. Er ist mit der Entwicklung von Strategien und Implementierungsplänen für kritische Infrastrukturen und deren weiter reichende Anpassung an den Klimawandel betraut.



**JEROEN VAN EEKELEN** ist Climate Risk and Adaptation Expert (Experte für Klimarisiken und -anpassung) im Bereich Stadtplanung und Umwelt bei Sweco in den Niederlanden. Er besitzt einen Abschluss in internationaler Landwirtschaft und Wasserwirtschaft, den er an der Wageningen University & Research (WUR) erwarb. Jeroen ist als Berater in den Bereichen Klimaanpassung, Wassersicherheit und Raumentwicklung tätig. Er entwickelte das „Framework for Climate Adaptive Buildings“ (dt.: Rahmenkonzept für klimaadaptive Gebäude), das ein Verfahren zur Bestimmung der physikalischen Klimarisiken auf Gebäudeebene bietet.



**ENRICO MOENS** ist Programmleiter und Senior Expert Climate Change Adaptation (führende Experte für Anpassung an den Klimawandel) im Bereich Stadtplanung und Umwelt bei Sweco in den Niederlanden. Er besitzt einen Abschluss in Landwirtschaft und Wasserwirtschaft, den er an der Wageningen University & Research (WUR) erwarb. Enrico war wichtiger Mitwirkender an den niederländischen nationalen Wissensprogrammen „Leben mit Wasser“ und „Wissen über Klimawandel und Raumplanung“. Auch gehörte er zu den Gründern des Rotterdam Centre for Resilient Delta Cities (RDC), einem Triple-Helix-Netzwerk aus öffentlichen, privaten und Forschungsinstituten.



**FIEKE VAN LEEST** ist als Programme Manager of Sustainable Transitions (Programmleiterin für nachhaltigen Wandel) im Bereich Stadtplanung und Umwelt bei Sweco in den Niederlanden tätig. Sie besitzt einen Abschluss in Raumplanung, den sie an der Universität Utrecht erwarb. Fieke arbeitete als Programmleiterin für Urban Insight in den Niederlanden und als Urban Insight-Programmcoach für die Sweco Group.



**RENSKE HUIBERTS** arbeitet als Planerin im Bereich Stadtplanung und Umwelt bei Sweco in den Niederlanden. Sie hat einen Abschluss in städtischem Umweltmanagement, den sie an der Wageningen University & Research (WUR) erwarb. Ihr besonderes Interesse gilt der Stadtplanung und der Klimaanpassung sowie der Beschäftigung mit Umweltverträglichkeitsprüfungen.

# Besonderer Dank

## INTERVIEWPARTNER\*INNEN

<b>Antoine Michaël</b>	– Ingenieur für Wassertechnik, Brüssel
<b>Jan Rasmussen</b>	– Project Chief and Environmental Engineer Stadt Kopenhagen
<b>Sari Jurmo</b>	– Landschaftsarchitektin, Helsinki
<b>Gerard Wijnands</b>	– Strategischer Mitarbeiter, Kulturelles Erbe und räumliche Beschaffenheit, Gemeinde Maastricht
<b>Gaye McKay</b>	– Geschäftsführerin Tuil Solutions, Glasgow
<b>Szymon Dolata</b>	– Landverwalter, Großraum Posen
<b>Hugo Kind</b>	– Berater für soziale Sicherheit und Bereitschaft, Stavanger
<b>Jonas Althage</b>	– Strategie im Bereich Niederschlags- ereignisse, Stadt Stockholm

## SWECO KOLLEG\*INNEN

<b>Séverine Hermand</b>	– Projektleiterin Klimaresilienzplanung, Belgien
<b>Florence Vannoorbeeck</b>	– Projektleiterin Klimaresilienzplanung, Belgien
<b>Anton Broholm</b>	– Communications Specialist, Dänemark
<b>Kristian Vilstrup</b>	– Teamleiter Wasser und Klima, Dänemark
<b>Hanna-Leena Ventin</b>	– Beraterin für Niederschlagsereignisse, Finnland
<b>Geraldine Angus</b>	– Operations Managerin, Vereinigtes Königreich
<b>Patryk Nowicki</b>	– Spezialist für Raum- und Niederschlags- analysen, Polen
<b>Erle Kristvik</b>	– Beraterin Umwelt- und Nachhaltigkeit, Norwegen
<b>Øystein Rapp</b>	– Senior Consultant Wasser- und Umwelt, Norwegen
<b>Mattias Salomonsson</b>	– Development Manager Wasser, Schweden

# Quellenverzeichnis

- 1) KNMI. 23. August 2021. Kans op zware regenval zoals op 13 en 14 juli neemt verder toe door klimaatverandering. <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/kans-op-zware-regenval-zoals-op-13-en-14-juli-neemt-verder-toe-door-klimaatverandering>
- 2) EEA (Europäische Umweltagentur). (2021). Wet and dry — heavy precipitation and river floods. Europe's changing climate hazards – an index-based, interactive EEA report
- 3) Van Laarhoven, K. 27. Dezember 2021. Overstromingen Nederland, België, Duitsland op een na duurste natuurramp 2021. NRC. <https://www.nrc.nl/nieuws/2021/12/27/overstromingen-nederland-belgie-duitsland-op-een-na-duurste-natuurramp-2021-a4072393>
- 4) Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union. 13. Dezember 2022. Directive (EU) 2022/2557 of the European Parliament and of the Council of 14 December 2022 on the resilience of critical entities and repealing Council Directive 2008/114/EC. EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX:32022L2557&qid=1696515920879>
- 5) C40. (2017). Infrastructure Interdependencies + Climate Risks Report. In C40. [https://www.c40knowledgehub.org/s/article/C40-Infrastructure-Interdependencies-and-Climate-Risks-report?language=en\\_US](https://www.c40knowledgehub.org/s/article/C40-Infrastructure-Interdependencies-and-Climate-Risks-report?language=en_US)
- 6) Universität Kopenhagen. 15. September 2022. Global warming doubled the risk for Copenhagen's historic 2011 cloudburst. <https://science.ku.dk/english/press/news/2022/global-warming-doubled-the-risk-for-copenhagens-historic-2011-cloudburst/>
- 7) Mobini, S., Nilsson, E., Persson, A., Becker, P., & Larsson, R. (2021). Analysis of pluvial flood damage costs in residential buildings – A case study in Malmö. International Journal of Disaster Risk Reduction, 62, 102407. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102407>
- 8) KNMI. 20. Juli 2021. Onderzoek naar hevige regen en overstromingen in Limburg, Ardennen en Eifel. <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/onderzoek-naar-hevige-overstromingen-in-limburg-ardennen-en-eifel>
- 9) The Guardian. 9. August 2021. Torrential rain brings flooding and travel disruption to UK. The Guardian. <https://www.theguardian.com/uk-news/2021/aug/09/weather-torrential-rain-brings-flooding-travel-disruption-to-uk>
- 10) Van Ruiten, K., Bles, T., & Kiel, J. (2016). EU-INTACT-case studies: Impact of extreme weather on critical infrastructure. In E3S Web of Conferences (Vol. 7, p. 07001). EDP Sciences.
- 11) Härö, E., Järvensivu, S. M., Alilehto, J., & Haravuori, P. (2019). Electricity: How long could we survive without it? Sweco Group. <https://www.swecogroup.com/urban-insight/energy/report-electricity-how-long-could-we-survive-without-it/>
- 12) Youris.com. 27. April 2016. The cost of blackouts in Europe. Phys.org. <https://phys.org/news/2016-04-blackouts-europe.html>
- 13) 1Limburg. 13. September 2023. Hevige buien: Zuid-Limburg getroffen door wateroverlast. 1Limburg. <https://www.1limburg.nl/nieuws/2285265/hevige-buien-zuid-limburg-getroffen-door-wateroverlast>
- 14) McLeod, S. (2007). Maslow's hierarchy of needs. Simply psychology, 1(1-18).

# Urban Insight

By Sweco

Urban Insight ist Swecos internationale Wissensinitiative, die Einblicke in nachhaltige Stadtentwicklung aus der Sicht der Bürger\*innen bietet. Sie baut auf einer Reihe von Berichten auf, die auf Fakten und Forschung basieren. Die Initiative stellt der Gesellschaft und ihren Entscheidungsträgern die benötigten Daten zur Verfügung, um sowohl aktuelle als auch zukünftige Herausforderungen zu verstehen und zu bewältigen.

Dieser Bericht ist Teil einer Berichtsreihe zum Thema „Maßnahmen für mehr Widerstandsfähigkeit“, in der unsere Expert\*innen spezifische Daten, Fakten und wissenschaftliche Erkenntnisse beleuchten, mit denen die Planung und der Bau von sicheren und widerstandsfähigen urbanen Umgebungen in der Zukunft möglich werden.

Weitere Informationen auf unserer Website:  
[swecourbaninsight.com](http://swecourbaninsight.com)



SWECO 