



# Gewerbeflächen im Klimawandel

Leitfaden zum Umgang mit  
Klimatrends und Extremwetterern

 StädteRegion  
Aachen

# Inhalt

1 Klimawandel in der StädteRegion Aachen

2 Gewerbe und Klimafolgen - Chancen und Risiken

3 Schadenspotenziale und Anfälligkeiten

4 Anpassungsmöglichkeiten

5 Kosten und Nutzen einer Anpassung an Klimafolgen

6 Kooperation bei der Klimaanpassung

7 Weiterführende Informationen

8 Bildnachweis / Impressum

Der vorliegende Leitfaden ist das Ergebnis des Projektes *klimAix* der StädteRegion Aachen in Zusammenarbeit mit dem Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr der RWTH Aachen im Rahmen des Forschungsprogramms „ExWoSt - Urbane Strategien zum Klimawandel“ des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.

**klimAix** Klimagerechte Gewerbeflächenentwicklung  
in der StädteRegion Aachen

# Vorwort

Sehr geehrte Damen und Herren,

der Klimawandel und seine Folgen sind für die Industrie- und Gewerbebetriebe in der StädteRegion Aachen mit Chancen und Risiken verbunden. Die globale Erwärmung, die Verknappung von Rohstoffen und die steigenden Kosten für Energie veranlassen Unternehmen zunehmend, den Klimaschutz als Herausforderung anzunehmen und sich ihrer Verantwortung zu stellen. Durch erfolgreiche Maßnahmen zur Steigerung der betrieblichen Energieeffizienz konnten bereits zahlreiche Betriebe in unserer Region ihre Wettbewerbsfähigkeit steigern und ihre Verantwortung für die Lebensgrundlagen zukünftiger Generationen zeigen.

Weniger Aufmerksamkeit genießt in der Praxis bislang jedoch die Frage, inwieweit Gewerbebetriebe künftig ihre Anfälligkeit gegenüber unvermeidbaren Klimafolgen verringern können. Selbst im Falle intensiver Emissionsminderungen gehen die aktuellen Klimamodelle davon aus, dass sich manche Folge des Klimawandels nicht mehr abwenden lässt. Neben der allmählichen Zunahme der Durchschnittstemperaturen und den Veränderungen in der Niederschlagsverteilung werden dabei vor allem zunehmende Häufigkeiten und Intensitäten von Wetterextremen wie Starkregen, Hitzewellen oder Stürmen prognostiziert.

Gemeinsam mit dem Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr der RWTH Aachen und unter Mitarbeit der regionalen Wirtschaftsförderer, der Energieversorger und des Katastrophenschutzes der StädteRegion Aachen, wurden im Projekt *klimAix* Strategien entwickelt und zusammengetragen, mit denen gewerblich genutzte Flächen und Immobilien in der Region an die zunehmenden Extremwetterereignisse angepasst werden können. Die Ergebnisse werden in dem vorliegenden Leitfaden zusammengefasst.

Die Broschüre zeigt praxisnah auf, inwieweit Gewerbeflächen gegenüber extremen Wetterereignissen anfällig sind, mit welchen Vorsorgemaßnahmen ihre Verwundbarkeit reduziert werden kann und welche Chancen sich aus einer solchen Anpassung für die Unternehmen ergeben. Somit stellt sie ein geeignetes Instrument bei der Planung, Umsetzung und Anpassung von Gewerbeflächen dar und sollte sowohl bei Unternehmern, Wirtschaftsförderern sowie den Planungsbehörden Beachtung finden.

Ich wünsche Ihnen eine aufschlussreiche Lektüre und würde mich freuen, wenn der Leitfaden dazu beiträgt, die Lebens-, Arbeits- und Umweltqualität in der StädteRegion Aachen auch unter den Vorzeichen der Klimaänderungen zu sichern und zu steigern.

Mit freundlichen Grüßen



Helmut Etschenberg, Städteregionsrat der StädteRegion Aachen



## Kernaussagen



Der Klimawandel und seine Folgen werden auch die StädteRegion Aachen betreffen. Insbesondere extreme Wetterlagen wie Hitzewellen, Stürme und Starkniederschläge werden künftig häufiger und intensiver werden.



Durch eine frühzeitige Anpassung an die unvermeidbaren Folgen des Klimawandels können Unternehmen Schadensrisiken reduzieren und sich Standortsicherheiten sowie Wettbewerbsvorteile verschaffen.



Die Anfälligkeit einer Gewerbefläche gegenüber Klimatrends und Extremwettern ist abhängig vom Standort, von den baulichen Eigenschaften eines Betriebes sowie von den auf der Fläche stattfindenden Prozessen.



Es steht ein breites Spektrum an baulichen und organisatorischen Maßnahmen zur Verfügung, durch welche die Anfälligkeit eines Gewerbebetriebes gegenüber Extremwetterereignissen reduziert werden kann.



Vor dem Hintergrund der unsicheren Klimaprognosen gilt es abzuwägen, welche Maßnahmen hinsichtlich ihres Nutzens für ein Unternehmen ökonomisch sinnvoll sind und mit welcher Priorität es diese anzugehen gilt.



Der Aufwand sowie die Kosten für die Planung und Umsetzung von Schutzmaßnahmen können durch eine Kooperation mit Nachbarbetrieben für jedes einzelne Unternehmen gering gehalten werden.



# 1

**Klimawandel  
in der StädteRegion Aachen**

# Klimawandel in der StädteRegion Aachen



Der Klimawandel ist bereits heute in vollem Gange und auch die StädteRegion Aachen muss sich in Zukunft auf Veränderungen des Klimas und des Wettergeschehens einstellen. Im Bundesvergleich gehört das südliche Nordrhein-Westfalen künftig zu den am stärksten vom Klimawandel und seinen Folgen betroffenen Regionen Deutschlands.

## Temperaturentwicklung

Das Klimamodell des Potsdam-Institutes für Klimafolgenforschung (PIK) geht in NRW für die nächsten 50 Jahre von einer Zunahme der Jahresdurchschnittstemperatur von 1,9 Grad Celsius aus. In den Sommermonaten wird dabei die stärkste Zunahme mit durchschnittlich bis zu 3 Grad Celsius zu verzeichnen sein.

## Niederschlagsgeschehen

Die steigenden Durchschnittstemperaturen werden einen Rückgang der Schneefälle und eine Zunahme von Winterregen zur Folge haben. Insgesamt werden die Niederschläge um ca. 5% zunehmen und sich deutlich in die Wintermonate verschieben. Im Sommer nehmen die Regenmengen um bis zu 20% ab. Die Art und das Ausmaß der beschriebenen Klimatrends, insbesondere hinsichtlich der Niederschlagsmengen zeigen sich innerhalb Nordrhein-Westfalens regional zum Teil sehr differenziert. Auch innerhalb der StädteRegion Aachen lassen sich zum Teil lokale Unterschiede erkennen. Während der prognostizierte Anstieg der Jahresdurchschnittstemperatur für die gesamte Region gleich ist, fällt die Zunahme der Jahresniederschläge im Nordkreis deutlicher aus als in den südlichen Gemeinden Simmerath, Monschau und Roetgen.

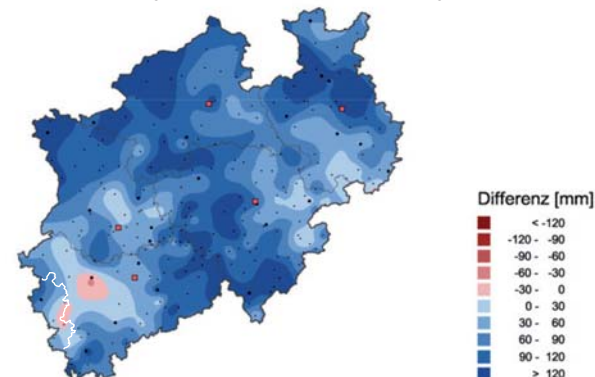
## Extremwetterereignisse

Klimamodelle prognostizieren neben den Änderungen der Jahresdurchschnittswerte auch zunehmende Häufigkeiten und Intensitäten von Extremwetterereignissen wie Hitze- und Dürreperioden, Stürme, Gewitter und lokalen Starkniederschläge. Während die Veränderungen der Mittelwerte mit Hilfe von Klimamodellen mit einer relativ großen Sicherheit simuliert werden können, bestehen bei der räumlichen und zeitlichen Prognose von Extremwetterereignissen noch sehr große Unsicherheiten, was eine genaue Verortung von Gefahrenschwerpunkten innerhalb der StädteRegion sehr schwierig macht.

Nach aktuellen Berechnungen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) in Essen wird sich die Zahl der Sommertage (mindestens 25 Grad) bis Mitte des Jahrhunderts von durchschnittlich 27 Tagen auf ca. 40 Tage pro Jahr erhöhen. Bis Ende des Jahrhunderts wird sie sich mit nahezu 60 Tagen pro Jahr (verglichen mit dem Mittelwert 1961-2000) verdoppeln.

## Veränderung der Jahresniederschlagssumme

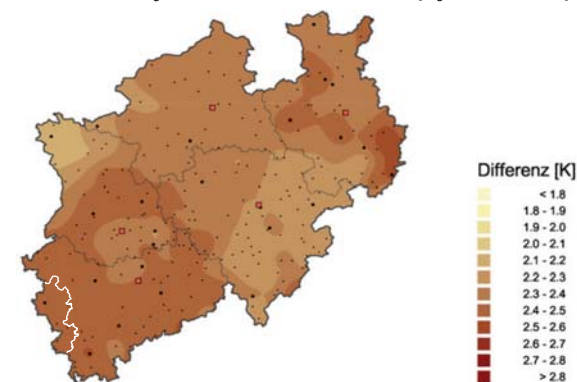
Zeitraum 2051 bis 2060 verglichen mit dem Mittelwert von 1951 bis 2006 [Reg. Klimamodell STAR II]



4

## Veränderung der Jahresdurchschnittstemperatur

Zeitraum 2051 bis 2060 verglichen mit dem Mittelwert von 1951 bis 2006 [Reg. Klimamodell STAR II]



5

Gegen Ende des Jahrhunderts werden laut DWD im 30-jährigen Mittel so viele Sommertage auftreten wie jetzt in „extremen“ Sommern und in solchen werden dann an 100 oder mehr Tagen Temperaturen von mindestens 25 Grad gemessen werden. Auch länger andauernde Hitzeperioden mit täglichen Maximaltemperaturen von über 30°C in den Sommermonaten werden künftig zunehmen. Dies bedeutet, dass die Belastung der Menschen durch Wärme in der StädteRegion Aachen bis Ende des Jahrhunderts deutlich zunehmen wird.

Die erwartete Zunahme der Temperaturen und die gleichzeitig abnehmenden Niederschläge im Sommer führen zu einer verstärkten Austrocknung und zu anhaltenden Dürreperioden. Die Zahl der



6



7



8



9

Trockentage mit weniger als 1 mm Niederschlag wird gemäß der Prognosen des PIK in der Region um ca. 20-30 Tage zunehmen.

Die Eintrittswahrscheinlichkeit von intensiven Stürmen als auch von Tiefdruckgebieten mit hohen Windgeschwindigkeiten wird insbesondere in den Wintermonaten steigen.

Gemäß der Prognosen werden im Sommerhalbjahr häufiger Starkregen in Form kleinräumiger Wärmegewitter mit hoher Intensität und zumeist kurzer Dauer auftreten. Häufig gehen diese Ereignisse mit Starkböen, vereinzelt sogar mit Hagelschlag und Tornados einher. Im Winterhalbjahr werden künftig häufiger niederschlagsintensive Tiefdruckgebiete auftreten, die in der Regel mehrere Tage andauern und großräumiger ausgeprägt sind.

### Stadtklima

Insbesondere in den Städten der Region werden die Folgen des Klimawandels aufgrund der stadtklimatischen Besonderheiten deutlich zu spüren sein.

Gebäude sowie gepflasterte oder asphaltierte Flächen begünstigen die Aufheizung des sie umgebenden Stadtgebietes und geben nachts aufgrund ihrer wärmespeichernden Eigenschaften die Wärme nur langsam ab („Wärmeinseleffekt“). Dies hat zur Folge, dass die Luft in der Stadt weniger abkühlt und es in der Regel zu starken Temperaturunterschieden (bis zu 15°C) zwischen Innenstadt- und Stadtrandlagen kommt. Im Winter entsprechend findet man im Aussenbereich der Städte bis zu 10°C niedrigere Temperaturminima sowie deutlich längere Frostperiode als in den bebauten Siedlungsbereichen.

Starkregen- und Hagelereignisse können in Städten aufgrund der Ablenkung der Windströmungen durch Gebäude gehäuft auftreten, Schneefall ist aufgrund der Temperaturunterschiede in den Städten eher seltener als im Umland. Die Windgeschwindigkeit wird in bebauten Gebieten zwar deutlich reduziert, dagegen erhöht sich jedoch aufgrund der Gebäude die Böigkeit der Winde.

### Wissensstand bezüglich des menschlichen Einflusses auf den Trend und Projektionen für extreme Wetterereignisse

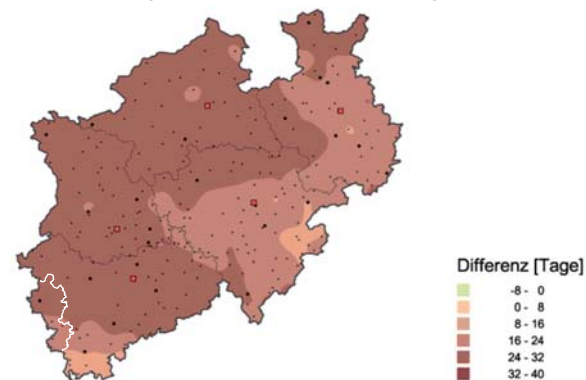
Phänomen	Beobachteter Trend	Anthropogener Einfluss	Erwartete Entwicklung
Wärmere und weniger kalte Tage und Nächte	Sehr wahrscheinlich	Wahrscheinlich	Praktisch sicher
Wärmere und heißere Tage und Nächte	Sehr wahrscheinlich	Wahrscheinlich	Praktisch sicher
Mehr Hitzewellen	Wahrscheinlich	Eher wahrscheinlich	Sehr wahrscheinlich
Mehr Extremniederschläge	Wahrscheinlich	Eher wahrscheinlich	Sehr wahrscheinlich
Mehr betroffene Gebiete durch Dürreperioden	Seit 1970 in vielen Regionen wahrscheinlich	Eher wahrscheinlich	Wahrscheinlich
Anstieg tropischer Wirbelstürme	Seit 1970 in vielen Regionen wahrscheinlich	Eher wahrscheinlich	Wahrscheinlich
Auftreten von extrem hohem Meeresspiegel	Wahrscheinlich	Eher wahrscheinlich	Wahrscheinlich

> 99% - Praktisch sicher   > 90% - Sehr wahrscheinlich   > 66% - Wahrscheinlich   > 50% - Eher wahrscheinlich

10

### Anzahl der Sommertage (über 25 Grad)

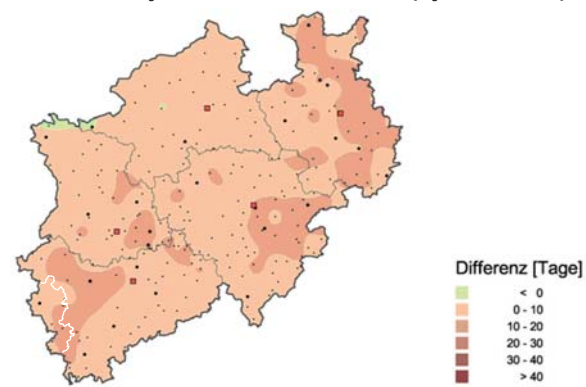
Zeitraum 2051 bis 2060 verglichen mit dem Mittelwert von 1951 bis 2006 [Reg. Klimamodell STAR II]



11

### Anzahl der Tage mit weniger als 0.1mm Niederschlag

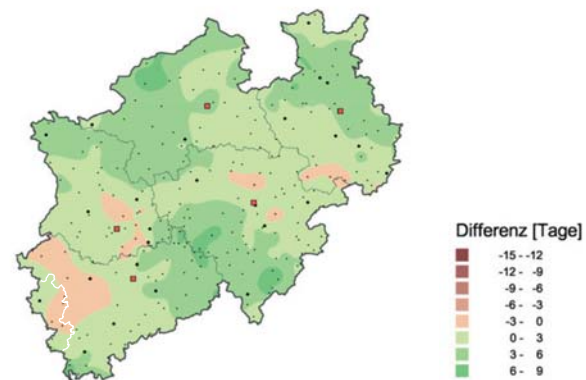
Zeitraum 2051 bis 2060 verglichen mit dem Mittelwert von 1951 bis 2006 [Reg. Klimamodell STAR II]



12

### Anzahl der Tage mit mehr als 10 mm Niederschlag

Zeitraum 2051 bis 2060 verglichen mit dem Mittelwert von 1951 bis 2006 [Reg. Klimamodell STAR II]



13



14



15



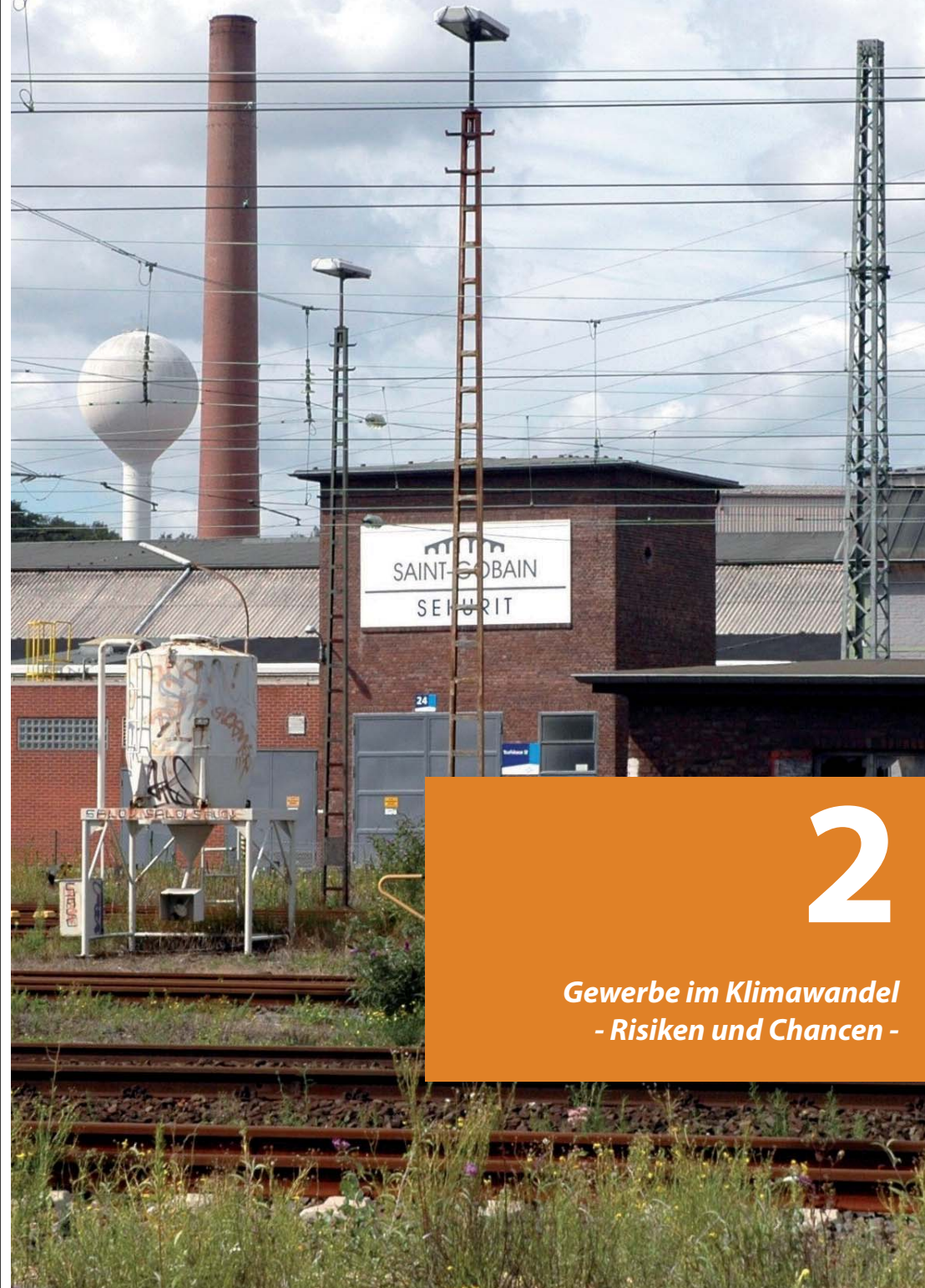
16



17

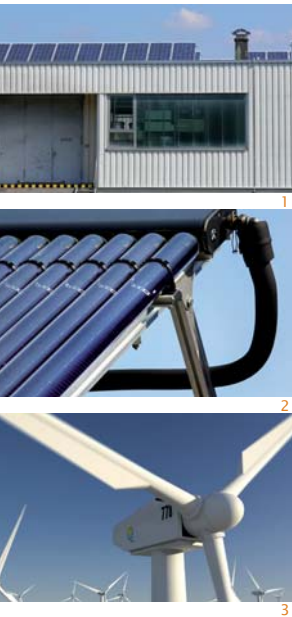
### Zusammenfassung

- Insbesondere in den Sommermonaten werden die Durchschnittstemperaturen in der Städte-Region Aachen steigen.
- Der Beginn von Frühjahr, Sommer und Herbst wird sich deutlich nach vorne verschieben. Während sich der Herbst verlängert, nimmt die Länge des Winters stark ab.
- Die Sommer werden insgesamt trockener, während die Niederschläge im Winter zunehmen. Wegen des Temperaturanstiegs fällt weniger Schnee.
- Die Hochwassergefahr im Winter nimmt zu, im Sommer sind häufigere Trockenperioden zu erwarten.
- Es bestehen in der Städteregion Aachen zum Teil starke lokale Unterschiede hinsichtlich der Niederschlagsmengen.
- Extreme Wetterereignisse wie Hitzewellen, Dürren, Starkniederschläge und Stürme werden intensiver und häufiger auftreten. Die Prognosen für das lokale Auftreten von Extremwetterereignissen sind sehr unsicher.
- Kurze Starkregen treten insbesondere in den warmen Jahreszeiten auf, länger andauernde Niederschlagsereignisse insbesondere in den Wintermonaten.
- Die mittlere Temperatur der Gewässer in der StädteRegion wird zunehmen.



# 2

## Gewerbe im Klimawandel - Risiken und Chancen -



## Gewerbe im Klimawandel - Risiken und Chancen -

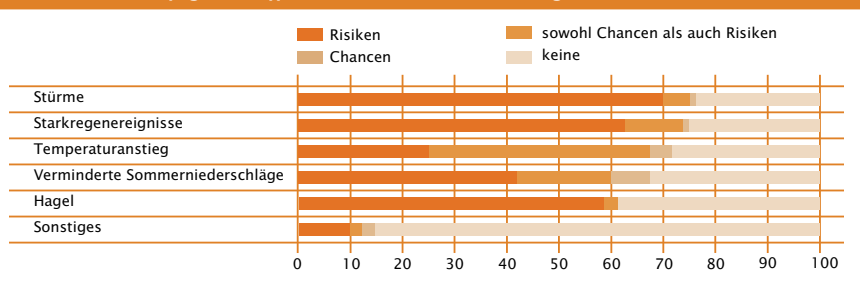
Der Klimawandel stellt die Wirtschaft weltweit vor große Herausforderungen. Unternehmen können den klimatischen Veränderungen auf zweierlei Weise begegnen: Einerseits können sie durch die Anwendung innovativer Technologien und Verfahren zur Minderung klimarelevanter Emissionen das Ausmaß des zukünftigen Klimawandels begrenzen (Klimaschutz) und die Chancen nutzen, die sich daraus ergeben. Andererseits können sie durch organisatorische, technologische oder bauliche Maßnahmen Ihre Schadensanfälligkeit gegenüber Klima- und Wettereinwirkungen verringern (Klimaanpassung).

### Klimaschutz

Industrie und Gewerbe sind neben den Privathaushalten die wesentlichen Erzeuger von klimaschädigenden Gasen. Ein Großteil des Endenergieverbrauchs in Deutschland entfällt auf diesen Wirtschaftsbereich. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden dabei zu einem großen Teil in Gebäuden (Heizung, Produktionsprozesse etc.) freigesetzt, zum anderen entstehen sie durch Transport sowie durch die Fahrten von Mitarbeitern, Zulieferern und Kunden.

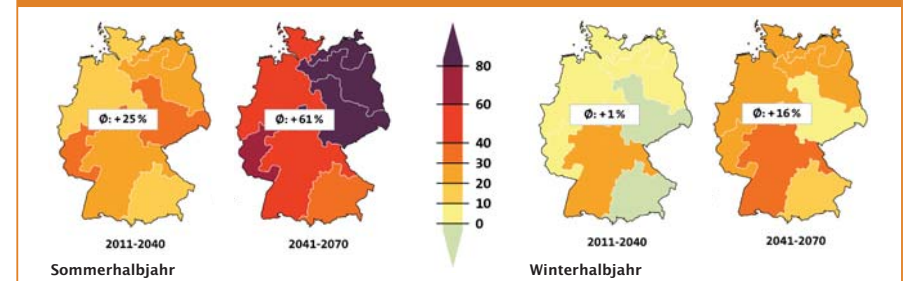
Als wesentlicher Verursacher des Klimawandels steht der Industrie- und Gewerbesektor in der Verantwortung, einen Beitrag zur Minderung des Ausstoßes von Treibhausgasen und somit zu einer Verlangsamung der klimatischen Veränderungen zu leisten. In erster Linie sind die Betriebe dabei gefordert, Energie effizienter zu nutzen und zunehmend auf die Nutzung regenerativer Energien zu setzen.

### Erwartete zukünftige Betroffenheit von Klimaveränderungen in %



Durch eine Verbesserung der Gebäudestrukturen und der Arbeitsprozesse können Unternehmen Energie und Kosten einsparen. Darüber hinaus liegt in der Entwicklung und Produktion klimabewusster Produkte ein erfolgversprechender Markt. Insbesondere regionale Wertschöpfungsketten gewinnen an Bedeutung, da sie

### Änderung der versicherten Sturm- und Hagelschäden in Prozent



eine weitaus günstigere CO<sub>2</sub>-Bilanz vorweisen können als transportintensive Produktionsformen. Klimafreundliche Strukturen stellen zudem auch einen bedeutenden Imagefaktor dar, was die Rekrutierung und Bindung von Beschäftigten ebenso erleichtern kann wie die Neuansiedlung von Unternehmen oder den Aus- und Aufbau von neuen Clustern.

Handlungsspielräume zur Energieeinsparung im Betrieb bieten sich zum Beispiel im Bereich der Beleuchtung, der Fassadengestaltung, der Anlagentechnik sowie in der Klimatisierung von Betriebsgebäuden. Auf der anderen Seite finden sich auch im Bereich des Verkehrs und des Transports erhebliche Einsparpotenziale. Durch betriebliches Mobilitätsmanagement können die Belastungen, welche durch die gewerbliche Mobilität (Mitarbeiter, Logistik) und den damit einhergehendem Verkehr entstehen, verringert werden.

### Anpassung an Klimafolgen

Selbst im Falle intensiver Emissionsminderungen wird sich manche Folge des Klimawandels, z.B. die Zunahme von Extremwetterereignissen wie Starkregen, Hitzewellen oder Stürmen, nicht mehr abwenden lassen. Dies erzeugt bei vielen Unternehmen die Notwendigkeit, die Arbeitsumgebung und -prozesse an die klimatischen Veränderungen anzupassen. Eine solche Anpassung birgt für viele Unternehmen zahlreiche Chancen und Risiken. Eine Befragung von Experten durch das Institut der Deutschen Wirtschaft (vgl. Abb. 4) hat ergeben, dass Stürme, Hagel und Starkregenereignisse branchenübergreifend überwiegend als ein Risiko betrachtet werden. Die verminderten Sommerniederschläge und der generelle Temperaturanstieg werden dagegen häufig als Chance angesehen.

Mit dem Klimawandel erhöht sich für viele Unternehmen vor allem die Gefahr von Schäden und ökonomischen Wertverlusten. Insbesondere die Zunahme unvorhersehbarer Extremwetterereignisse vergrößert das Risiko, dass die Leistungsfähigkeit von Unternehmen und ganzen Gewerbebranchen beeinträchtigt wird und Wettbewerbsvorteile verloren gehen. Es bestehen Personenrisiken durch Unfälle, Sachrisiken durch Räumungs- und Wiederherstellungskosten, z.B. nach einer Überflutung des Betriebsgeländes, oder Verfügbarkeitsrisiken, wenn z.B. Lieferstreckenabschnitte infolge eines Extremwetters vorsorglich oder nachträglich gesperrt werden müssen.





Die prognostizierten Klimaänderungen und das gleichzeitige Wachstum exponierter Werte lassen zukünftig eine Zunahme der wetterbedingten Schäden und Prozessausfälle in Gewerbegebieten erwarten. Der Gesamtverband der Deutschen Versicherer hat im Jahr 2011 Szenarien erarbeitet, die für Deutschland bis zum Jahr 2100 eine Zunahme der Schäden aus Sturm-, Hagel und Überflutungsereignissen um mehr als 50% prognostiziert.

Um das Risiko irreversibler Schäden und Ausfälle zu vermindern, sollten frühzeitig Anpassungsmaßnahmen realisiert werden. Die für den Aufbau von Klimaresistenz aufgewendeten Investitionsanteile von Unternehmen werden dazu künftig steigen müssen. Für eine Vielzahl von Unternehmen ist es daher vor dem Hintergrund einer langfristigen und strategischen Unternehmensführung angebracht, bei Investitions- und Planungsentscheidungen die künftigen Klimabedingungen mit einzubeziehen.

Allerdings steht der Zeithorizont langfristiger Klimaprognosen vielfach der kurzfristigen Perspektive unternehmerischer Investitionsentscheidungen entgegen. Erschwerend kommt hinzu, dass die derzeit zur Verfügung stehenden Klimamodelle mit zahlreichen Unsicherheiten behaftet sind. Insbesondere der Ort und der Zeitpunkt von Extremwetterereignissen werden sich auch mittelfristig kaum genau prognostizieren lassen, was unternehmerische Investitionsentscheidungen zur Umsetzung von Vorsorgemaßnahmen erschwert. Nicht zuletzt wird der Klimawandel auch zukünftig in der Abwägung mit anderen Themen wie z.B. der zunehmenden Ressourcenknappheit und dem Mangel an Fachkräften konkurrieren.

Nicht immer haben Gewerbebetriebe es selbst in der Hand auf die klimatischen Herausforderungen zu reagieren. Gerade für Unternehmen, die in intensiven Lieferbeziehungen stehen, besteht

### Potenzielle Risiken des Klimawandels für Unternehmen

- Zerstörung bzw. Abnutzung von Vermögensgegenständen durch klimatische Einflüsse
- Ausfall bzw. Beeinträchtigung von Produktions-, Liefer- und Arbeitsprozessen (insbesondere bei just-in-time-Prozessen mit geringen Pufferkapazitäten)
- Funktionsstörungen hitzeempfindlicher Maschinen sowie Lagerungseinschränkungen bei temperaturanfälligen Produkten
- sinkender Temperaturkomfort und Einschränkungen der Leistungsfähigkeit von Arbeitnehmern durch Hitzestress an schlecht klimatisierten Arbeitsplätzen
- Versorgungsengpässe bzw. -ausfälle durch Witterungseinflüsse auf den Verkehr und auf technische Infrastrukturen der Energie- und Wasserversorgung
- steigende Nachfrage nach Energie für die Kühlung von Gebäuden infolge zunehmender Temperaturen
- wachsender Energiebedarf für Wasseraufbereitung aufgrund veränderter Gewässerqualität und Grundwasserstände
- Einschränkungen von Produktionsprozessen bei brauchwasserabhängigen Unternehmensbranchen durch sinkendes Dargebot während Trockenperioden

### Chancen des Klimawandels und der Anpassung an Klimafolgen für Unternehmen

#### Chancen der klimatischen Veränderungen:

- Senkung der Heizkosten durch steigende Temperaturen (Verbesserung der betrieblichen Energiebilanz)
- wachsende Optionen der Wind- und Sonnenenergienutzung
- Reduzierung der Lieferabstände bei landwirtschaftlichen Produkten durch Erweiterung der regionalen Anbaupotenziale

#### Chancen einer Anpassung an Klimafolgen:

- erhöhte Nachfrage nach innovativen Technologien zur Ressourcen- und Energieeinsparung (z.B. wassersparende Verfahren) sowie zur Gebäudeklimatisierung (z.B. Abwärmenutzung)
- steigender Bedarf an Beratungsdienstleistungen im In- und Ausland (Anpassungsconsulting) und an baulichen Schutzsystemen (z.B. Hochwasserschutz, intelligente Fassaden etc.)
- Vermeidung von Arbeitsausfällen und Liquiditätsrisiken
- Wettbewerbsvorteile durch Prozess- und Standortssicherheit
- Vertrauens- und Imagegewinne (Zuverlässigkeit, Anpassungsfähigkeit)

immer das Risiko, dass durch klimatische Ereignisse in anderen Regionen auf der Welt witterungsbedingte Lieferkettenstörungen entstehen, die indirekt eigene Produktionsverzögerungen oder -ausfälle hervorrufen können. Anpassung darf sich daher gegebenenfalls nicht nur auf den eigenen Betrieb beschränken, sondern es gilt auch im Bereich der Logistik ein Risikomanagement zu betreiben, um negative Rückwirkungen auf das eigene Unternehmen zu minimieren.

Mit Blick auf den Umgang mit den Herausforderungen des Klimawandels gilt es für Unternehmen, das Thema nicht separat zu betrachten, sondern es in das allgemeine betriebliche Risiko- und Innovationsmanagement zu integrieren. Aufgrund der Unsicherheiten bzgl. der Klimafolgen und der konkreten Betroffenheiten bedarf es in diesem Zusammenhang an Flexibilität und vorausschauendem Handeln.

### Chancen einer Anpassung

Auch wenn die Risiken, die der Klimawandel mit sich bringt, überwiegen, bieten die klimatischen Veränderungen sowie die Anpassung an deren Folgen für viele Gewerbebetriebe auch Chancen.

Zunächst können sich die klimatischen Veränderungen in manchen Unternehmen positiv auf die betriebliche Energiebilanz und auf die Optionen der Nutzung erneuerbarer Energien auswirken. Durch die Anpassung an Klimafolgen selbst eröffnen sich dem ein oder anderen Unternehmen neue Marktperspektiven, da die Nachfrage nach neuen Produkten und Dienstleistungen an Bedeutung gewinnt. Die wachsende Gefahr von Extremereignissen wie Starkniederschlägen, Hitzewellen oder Stürmen wiederum erhöht den Bedarf an technischen Neuerungen, Beratungsdienstleistungen und an baulichen Schutzsystemen. Insbesondere innovative Unternehmen im Bereich der Gebäude-, Umwelt- und Sicherheitstechniken können davon profitieren.

Durch eine frühzeitige Anpassung der Arbeitsumgebung und der betrieblichen Prozesse an die klimatischen Veränderungen können



10





11



12



13

Unternehmen gegenüber Wettbewerbern Vorteile erzielen. Daneben eröffnen sich manchem Unternehmen Möglichkeiten durch Anpassungsmaßnahmen das eigene Image zu verbessern. Standortsicherheit und Anpassungsfähigkeit können zu Qualitätskriterien werden, mit denen sich ein Unternehmen gegenüber Kunden und Mitarbeitern profiliert. Im Hinblick auf die gesellschaftliche Verantwortung von Unternehmen (corporate social responsibility) lässt sich ein Beitrag zur Bewältigung des Klimawandels positiv nach außen vermitteln. Besonders attraktiv sind in diesem Zusammenhang solche Lösungen, die Klimaanpassung und Klimaschutz miteinander verbinden.

### Handlungsempfehlungen

Maßnahmen zum Klimaschutz sind in der Praxis bereits vielerorts ein Bestandteil unternehmerischer Aktivitäten geworden und zahlreiche Förderprogramme unterstützen betriebliche Maßnahmen zur Verringerung des Energieverbrauches bzw. des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes. Es steht eine Vielzahl an Handbüchern und Ratgebern zur Verfügung, welche den Unternehmen praxisnah die Handlungspotenziale zur Energieeinsparung und zur Emissionsminderung aufzeigen.

Im Bereich der Klimaanpassung mangelt es bisher an derartigen Hilfestellungen für den Industrie- und Gewerbesektor. Im Umgang mit den prognostizierten und unvermeidbaren Klimaveränderungen bedarf es eines besseren Verständnisses und einer Bewertung der Risiken sowie der wirtschaftlichen Potenziale und Bedingungen für die Anpassung an Klimafolgen. Der vorliegende Leitfaden soll hierzu eine Hilfestellung bieten.

### Zusammenfassung

- Die klimatischen Veränderungen bergen für viele Unternehmen sowohl Chancen als auch Risiken.
- Als Hauptverursacher des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes steht der Gewerbesektor in der Verantwortung, einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten.
- Die Zunahme von Wetterextremen erhöht das Risiko, dass Vermögenswerte in Mitleidenschaft gezogen werden, dass die Leistungsfähigkeit von Unternehmen beeinträchtigt wird und dass somit Wettbewerbsvorteile verloren gehen.
- Die Anfälligkeit eines Gewerbebetriebes gegenüber Wetterextremen ist je nach Branche unterschiedlich und abhängig von der Lage, den baulichen Eigenschaften und von den Lieferkettenbeziehungen eines Betriebes.
- Unternehmerische Investitions- und Planungsentscheidungen müssen die künftigen Klimabedingungen mit einbeziehen.
- Unsichere Klimaprognosen, fehlende Ressourcen und mangelndes Wissen über Anpassungsoptionen erschweren unternehmerische Investitionsentscheidungen zur Risikovorsorge.
- Chancen des Klimawandels liegen vor allem in der steigenden Nachfrage nach Anpassungstechniken und -dienstleistungen.
- Durch eine Anpassung kann die Prozess- und Standortsicherheit erhöht und Liquiditätsrisiken vermindert werden.
- Sichere Arbeitsumgebungen und anpassungsfähige Prozesse werden zu Qualitätskriterien, die einem Unternehmen Wettbewerbsvorteile verschaffen können.



# 3

**Schadenspotenziale und Anfälligkeiten**

# Schadenspotenziale und Anfälligkeiten



Gewerbeimmobilien sind vergleichsweise anfällig dafür, von Wetterextremen wie Starkniederschlägen oder Stürmen in Mitleidenschaft gezogen zu werden. Zunächst verfügen sie aufgrund der Dichte an Sachwerten über ein hohes Schadenspotenzial. Hinzu kommt, dass viele Gewerbebestände infolge ihrer Lage und ihrer baulichen Eigenschaften verwundbarer gegenüber Extremwettern sind als andere Stadtbereiche. Zahlreiche Gewerbegebiete befinden sich historisch bedingt in gefährdeten Lagen an Gewässern oder in verdichteten Innenstadtbereichen. Daneben sind viele Gewerbegebiete durch eine hohe Bebauungsdichte und durch einen im Vergleich zu Wohnsiedlungen hohen Anteil gepflasterter oder asphaltierter Flächen gekennzeichnet.

Auch im Bereich der Architektur von Industrie- und Gewerbebetrieben lässt sich eine wachsende Anfälligkeit feststellen. So geht der Trend bei Produktions-, Logistik- und Handelsimmobilien heute zu funktionellen, flexiblen und teils wenig robusten Gebäudehüllen. Gleichzeitig haben bei Büro- und Verwaltungsgebäuden ästhetische Gesichtspunkte an Bedeutung gewonnen, die ihren Ausdruck in dem verstärkten Einsatz nur bedingt witterungsresistenter Baumaterialien wie Metall, Kunststoff und Glas finden.

Die Gewerbebautechnik hat in Deutschland einen hohen Standard und ist für unterschiedliche Beanspruchungen durch Wetterextreme ausgelegt. Allerdings kann die Einhaltung der bisher geforderten Lastannahmen (z.B. gegenüber Sturm oder Schneelasten) für die Zukunft keine absolute Sicherheit garantieren. Die prognostizierten klimatischen Entwicklungen lassen vielmehr eine Anpassung der gültigen technischen Baubestimmungen und eine Erhöhung der Lastannahmen in den DIN-Normen erwarten.

Die Belastbarkeit von Gewerbeimmobilien und von verwendeten Baustoffen wird in Zukunft stärker bei der Konstruktions- und Materialwahl berücksichtigt werden müssen. Bei Neubauten kann man auf die neuen Herausforderungen noch relativ einfach reagieren. Im Gebäudebestand wird dies jedoch nur im Rahmen von Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen möglich sein.

Insbesondere der Verkehrssektor und die davon abhängigen Wirtschaftszweige sind im Branchenvergleich sehr klimasensibel. Die unterschiedlichen Verkehrs- und Transportwege über Land, Luft und Wasser gehören zu den kritischen Infrastrukturen, deren Beeinträchtigung zu erheblichen Folgeschäden für die Wirtschaft führen kann. Durch die im Zuge des Klimawandels tendenziell zunehmenden Infrastrukturschäden (z.B. die witterungsbedingte Abnutzung oder die Unterspülung von Straßen- und Schienenwegen) werden zum einen Sicherheitsaspekte tangiert. Andererseits können sich infrastrukturelle Störungen und Ausfälle erheblich auf den operativen Betrieb von Unternehmen auswirken.

## Kriterien zur Einschätzung der Anfälligkeit von Gewerbeflächen gegenüber Klimafolgen

<b>1. Lage/Standort</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Lage im Gelände (Hanglage, Senke, Hochebene etc.)</li> <li>· Lage im Gewässersystem (Flusslage, Küste etc.)</li> <li>· Anbindung an die Verkehrsinfrastruktur (Bahn, Straße etc.)</li> <li>· Erreichbarkeit (alternative Zufahrtswege)</li> <li>· Lage im Stadtraum (Innenstadt, Stadtrand)</li> <li>· Umgebungseigenschaften (Grünflächen, dichte Bebauung etc.)</li> </ul>
<b>2. bauliche und räumliche Eigenschaften</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Bebauungsdichte</li> <li>· Versiegelungsgrad</li> <li>· Art der Nutzung (bebaute Fläche, Freifläche, Nutzflächen etc.)</li> <li>· Ausrichtung der Gebäude</li> <li>· Bauweisen (Gebäudetypen, Höhen, Dachformen etc.)</li> </ul>
<b>3. betriebliche Eigenschaften</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Art der gewerblichen Tätigkeit (Produktion, Logistik, Handel etc.)</li> <li>· Art der Arbeitsplätze (Büros, Produktionsstätten, Lager etc.),</li> <li>· Produktbezogene Eigenschaften (Lagerung, Empfindlichkeiten...)</li> <li>· Flexibilität und Pufferkapazitäten (Wasser- und Energieversorgung, Lieferengpässe etc.)</li> <li>· Personendichte auf der Fläche (Mitarbeiter, Kunden, Lieferanten)</li> </ul>

### Anfälligkeitskriterien

Nicht alle Gewerbe- und Industriebetriebe sind gleichermaßen sensibel für die zu erwartenden Klimafolgen. Um Anpassungsmaßnahmen gezielt einzusetzen und möglichst effektiv umsetzen zu können, gilt es daher, die Gebiete und Unternehmensbereiche zu identifizieren, die eine besondere Verwundbarkeit gegenüber den klimatischen Veränderungen aufweisen.

Die Anfälligkeit eines Unternehmens gegenüber dem Klimawandel und seinen Folgen ist zunächst abhängig von seinem **Standort**. So besteht beispielsweise kleinräumig betrachtet eine besondere Verwundbarkeit gegenüber Niederschlägen in Hang- und Muldenlagen, in Gebieten mit quelfähigen Böden und Grundwassereinfluss sowie bei Bauten in hochwassergefährdeten Bereichen und in ehemaligen Bergbaugebieten. Gewerbegebiete in Innenstadtlagen mit einem hohen Anteil an asphaltierten Flächen, wenig Grünflächen und mangelnder Durchlüftung bzw. Kaltluftzufuhr aus dem Umland sind dagegen besonders empfindlich gegenüber Hitzebelastungen. Großräumig betrachtet können auch aus den bautechnischen Regelwerken Rückschlüsse auf die lagebezogene Betroffenheit und Anfälligkeit gezogen werden. Die Karten zur Verbreitung von z.B. Schneelasten, Hagelzügen oder Stürmen bieten hierfür zumindest grobe Anhaltspunkte.

Weitere Anzeichen für die Anfälligkeit eines Gewerbebetriebes gegenüber Wetterextremen ergeben sich aus den **baulich-räumlichen Eigenschaften** einer Gewerbefläche. Aus der Bebauungsdichte, der Stellung der Gebäude, der Flächennutzung sowie aus der Konstruktions- und Materialwahl eines Gewerbebetriebes können Rückschlüsse auf die Verwundbarkeit gezogen werden. Entschei-





Windzonen

Zone	Vref m/s	qref kN/m <sup>2</sup>
1	22,5	0,32
2	25,0	0,39
3	27,5	0,47
4	30,0	0,56



Blitzanzahl

nach Stadt- und Landkreis je km <sup>2</sup> und Jahr 1999-2011
≤ 1,87
≤ 2,67
≤ 3,67
≤ 6,80



Schneelastzonen

1
1a
2
2a
3



Hagelzonen

In Abhängigkeit von Häufigkeit und Intensität
2 gering
3 mäßig
4 erhöht
5 hoch



7

dende Kriterien sind zum Beispiel die Verfügbarkeit von Flächen zum Rückhalt bzw. zur Versickerung von Regenwasser oder die Frage inwieweit die Gebäude oder die Aussenbereiche eines Betriebes der Sonneneinstrahlung und der Witterung ausgesetzt sind.

Eine entscheidende Rolle bei der Beurteilung der Anfälligkeit von Industrie- und Gewerbebetrieben spielt nicht zuletzt die **Branchenzugehörigkeit**. Die Verwundbarkeit eines Unternehmens gestaltet sich je nach Art des Gewerbes (Produktion, Handel, Logistik, Dienstleistungen, etc.) sehr unterschiedlich. Daher ist es wichtig, zur Einschätzung der Anfälligkeit die betriebsspezifischen Arbeitsprozesse zu betrachten, die auf einer Gewerbefläche stattfinden.

Neben den drei genannten Betrachtungsebenen zur Einschätzung der Anfälligkeit von Gewerbeflächen stellt sich natürlich auch immer die Frage, inwieweit bereits in der Vergangenheit Anpassungsmaßnahmen (z.B. im Überflutungsschutz) ergriffen wurden und wie groß die finanziellen, personellen, technologischen und infrastrukturellen **Anpassungskapazitäten** eines Unternehmens sind.

Nicht zuletzt bestehen erhebliche Unterschiede hinsichtlich der Anfälligkeit eines Gewerbebetriebes in Abhängigkeit von der betrachteten Gefahr. Im Folgenden sollen die unterschiedlichen **Wirkfolgen** von Extremwetterereignissen und deren jeweilige Schadenspotenziale näher betrachtet werden.

Desweiteren bietet sich auf der Website der StädteRegion Aachen ([www.staedteregion-aachen.de](http://www.staedteregion-aachen.de)) unter dem Projekt KlimAix die Möglichkeit anhand eines Fragebogens („VerwundbarkeitsCheck“) eine grobe Einschätzung der lage- und betriebsspezifischen Anfälligkeit einer Gewerbefläche zu erhalten.

#### Mögliche Folgen des Klimawandels für Gewerbebetriebe

Überflutung	Hitze	Windlasten	Hagelschlag	Schneelasten	Massenbewegung	Blitzschlag	Dürre



Die mit der globalen Erwärmung einhergehende Zunahme des Wasserdampfanteils in der Luft hat zur Folge, dass die Niederschlagsmengen zukünftig generell steigen werden mit einer deutlichen Verschiebung von den Sommer- zu den Wintermonaten. Die Häufigkeit, Intensität und Dauer von Starkregen wird ansteigen. In Städten führen diese Veränderungen zu einer wachsenden Gefahr von Überflutungen.

Es lassen sich mehrere Arten von Überflutungen unterscheiden:

Bei **Sturmfluten** handelt es sich um durch Sturm mit auflandigen Winden erhöhte Tidenströme. Sie treten verstärkt im Frühjahr und Herbst in Küstenregionen auf und werden verursacht durch einen Wasserspiegelanstieg als Folge von Windstau und hohen Wellen.

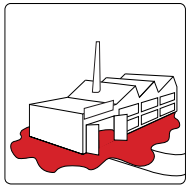
**Flusshochwasser** resultieren in der Regel aus ergiebigen, großräumigen und länger anhaltenden Niederschlägen. Sobald die Aufnahmekapazität des Bodens erreicht ist, fließt der Niederschlag in Gewässer (vorwiegend Flüsse und Bäche) und führt dort zu deutlich über dem normalen Pegelstand liegenden Hochwasserständen, die zu Überschwemmungen in den an die Gewässer angrenzenden Gebieten führen können. Die Größe der vom Hochwasser betroffenen Flächen ist abhängig von der Breite und Tiefe des Gewässers. In flachen und breiten Flusstälern können die Flächen sehr groß sein, während sie sich in engen Flusstälern auf einen eher engen Bereich konzentrieren.

Während bei Sturmfluten und Flusshochwasser die Überflutung immer vom Gewässer ausgeht, werden lokale **Sturzfluten** durch außergewöhnliche Starkregen hervorgerufen und können grundsätzlich überall, auch jenseits von Gewässern, auftreten. Die Dauer von Sturzfluten ist vergleichsweise kurz und die Vorwarnzeit beträgt im Gegensatz zu Sturmfluten und Hochwasser nur wenige Minuten. Die Überflutung kann auch durch ein Versagen der Kanalisation mit möglichen Rückstauwirkungen hervorgerufen werden.

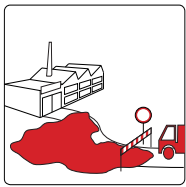
In Gebieten mit geringer Grundwassertiefe (z.B. Marschland) kann es nach stärkeren, lang andauernden Regenfällen zu einem erheblichen **Anstieg des Grundwasserstandes** bzw. zur Bildung von Stauwasserkörpern kommen.

### Schadenspotenziale

Hochwasser und sonstige Überflutungen können erhebliche Schäden an gewerblichen Betriebsgebäuden, Produktionsanlagen, oder Lagerbeständen hervorrufen. Aufgrund geringer Abflusskapazitäten oder durch Abflusshindernisse kann das Wasser nicht schnell genug abfließen und gelangt über Öffnungen (z.B. Türen, Fenster, Lichtschächte, Rohrdurchführungen etc.) in Gebäude<sup>A</sup>, wo es dort



A



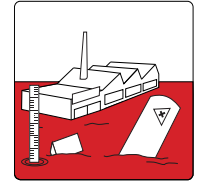
B

gelagerte Güter und Produktionsmittel verschmutzen bzw. zerstören kann. Zudem besteht die Gefahr, dass Wasser aufgrund eines Rückstaus im Kanal über das Leitungsnetz in die unteren Geschosse eindringt bzw. dass sich Grund- oder Oberflächenwasser in undichten Wänden und Kellersohlen sammelt und dort Feuchtigkeitsschäden (Vernässungen) herbeiführt.

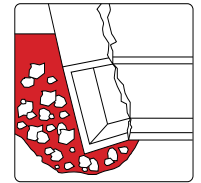
Die Schadenshöhe einer Überflutung ist vor allem abhängig vom Wasserstand und von der Dauer der Überflutung. Je nach Schwere der Sachschäden kann es zu Betriebsunterbrechungen bzw. zur Einschränkung von Arbeits- und Lieferprozessen kommen. Diese können auch durch die Beschädigung oder Zerstörung von Infrastrukturen außerhalb der Gewerbefläche (z.B. überflutete<sup>B</sup> bzw. unterspülte Straßen und Bahndämme) hervorgerufen werden. Bei außergewöhnlich hohen Wasserständen und Fließgeschwindigkeiten besteht die Gefahr von Personenschäden. Durch die Überflutung von Kellerräumen oder Außenflächen kann ein Auftrieb von Anlagen und Gütern ausgelöst werden, der insbesondere bei Tanks<sup>C</sup> (z.B. durch auslaufendes Heizöl) Umweltschäden mit sich bringen kann.

Je nach Bodenverhältnissen können durch die Einwirkung von Starkregen und Überflutungen Erosionen und daraus resultierende Massenbewegungen<sup>D</sup> (Erdrutsche etc.) ausgelöst werden, die weitere Schäden hervorrufen können. Dies gilt besonders, wenn Starkregeneignisse in ansonsten trockene Perioden fallen.

Hochwasserstände in Flüssen können die Transportleistungen und Ladekapazitäten der Binnenschifffahrt einschränken, wodurch die Transportkosten steigen.



C



D

### Anfälligkeitskriterien gegenüber Überflutungen

- Standort in unmittelbarer Nähe eines Gewässers
- Lage der Gewerbefläche an einem Hang, in einer Senke oder in einer Küstenniederung
- geringer Abstand zwischen Grundwasser und Erdoberfläche bzw. Kellergeschossen (z.B. in flachen Flussauen oder unmittelbar hinter einer Deichlinie)
- hoher Anteil asphaltierter, gepflasterter oder bebauter Flächen auf dem Grundstück und in der Umgebung
- ebenerdige Zugänge und empfindliche Nutzungen bzw. hohe Sachwerte in Erd- und Untergeschossen (z.B. EDV, Technik, Heizung, Maschinen, Lager, PKW/LKW)
- (mobile) auftriebsgefährdete Güter (z.B. Tanks) auf dem Grundstück
- geringe Rückhaltekapazitäten des vorhandenen Kanalisationssystems
- hohe Abhängigkeit von Besucher- und Lieferverkehren
- sich das Gebiet durch eine hohe Personendichte (Mitarbeiter, Kunden) auszeichnet
- Abhängigkeit von der Binnenschifffahrt

Die Wahrnehmung von **Hitze** hängt neben der gemessenen Temperatur unter anderem von der Windgeschwindigkeit und der Luftfeuchtigkeit ab. Bei Windstille oder bei feuchter Luft (**Schwüle**) ist die gefühlte Temperatur deutlich höher als bei trockener, bewegter Luft.

Grundsätzlich ist Hitze ein Sommerphänomen. Allerdings wird im Zuge des Klimawandels eine allmähliche Verschiebung der ersten Sommer- bzw. Hitzetage ins Frühjahr erwartet.

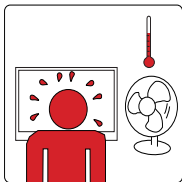
In der Regel spricht man in Deutschland von einem **Hitzetag** bei Höchsttemperaturen über 30°C und von einem **Sommertag** bei über 25°C. Eine **Hitzewelle** liegt dann vor, wenn es zu einer intensiven kurz- und langwelligen Sonneneinstrahlung kommt und die täglichen Maximaltemperaturen über mehrere Tage hinweg die 30°C-Marke überschreiten.

Insbesondere in Städten wird Hitze durch den „Wärmeinseleffekt“ verstärkt. Gebäude sowie gepflasterte oder asphaltierte Flächen absorbieren Sonneneinstrahlung stärker und heizen sich tagsüber stärker auf als unbebaute Areale. Nachts geben sie aufgrund ihrer wärmespeichernden Eigenschaften die Wärme nur langsam ab. Dies hat zur Folge, dass die Luft in der Stadt weniger abkühlt und es in der Regel zu starken Temperaturunterschieden zwischen Innenstadt- und Stadtrandlagen kommt.

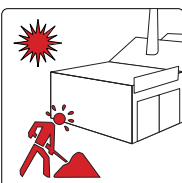
### Schadenspotenziale

Hitze kann den menschlichen Organismus belasten und gesundheitliche Auswirkungen mit sich führen. Vor allem im Frühjahr ist der menschliche Organismus noch nicht angepasst und reagiert damit sensibler auf heiße Temperaturen. Insbesondere nachts, wenn die Erholungsphase für menschliche Körper bedeutend ist, kann eine Beeinträchtigung durch Hitzestress hervorgerufen werden. Dies betrifft vor allem ältere Menschen.

Hitzebelastung kann die Leistungs- und Konzentrationsfähigkeit von Mitarbeitern beeinträchtigen<sup>A</sup> und das Herz-Kreislauf-System gefährden. Auch Maschinen oder sonstige Produktionsmittel (elektronische Systeme, Fahrzeuge etc.) können auf Hitze empfindlich reagieren, was zu Verzögerungen bis hin zum Ausfall von Arbeitsprozessen führen kann. Im Falle eines Hitzeereignisses wird daher vor allem der Aufenthalt von Personen<sup>B</sup> und die Lagerung von temperaturanfälligen Produkten<sup>C</sup> im Freien bzw. in Gebäuden, in denen sich Hitze stauen kann, schwieriger. An den Transport empfindlicher Güter werden höhere Anforderungen der Kühlung gestellt. In Fahrzeugen steigt das Risiko hitzebedingter Gesundheitsbeeinträchtigungen. Darüber hinaus können sich durch die Temperaturerhöhung vermehrt Schädlinge und Krankheitserreger



A



B

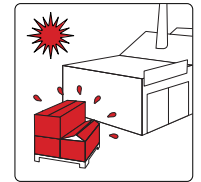
verbreiten und einen Schaden an Menschen bzw. empfindlichen Produkten (z.B. Lebensmitteln) anrichten.

Höhere Temperaturen und länger andauernde Hitzewellen können auch technische Infrastrukturen schädigen. Straßenbelag und asphaltierte Betriebsflächen können durch die hohen Temperaturen reißen, absacken oder aufweichen und Spurrillen hinterlassen, Schienen können sich verformen. Gegebenenfalls können dadurch Transportwege und Lieferprozesse unterbrochen werden.

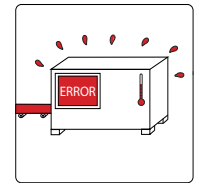
Infolge von Hitze kann in Betrieben ein erhöhter Bedarf an Trinkwasser hervorgerufen werden. Durch die sich ändernde Verdunstungsrate trocknen die Böden schneller aus, wodurch sich der Bedarf an Nutzwasser zur Grünflächenpflege erhöht. Für die Kühlung von Arbeitsstätten und Produktionsanlagen<sup>D</sup> entsteht ein höherer Bedarf an Energie und/oder Kühlwasser, der erhebliche Mehrkostenbelastungen für Unternehmen mit sich führen kann.

Lange andauernde Hitze gefährdet auch die Wasserqualität. Aufgrund der Erwärmung von Trinkwasser bzw. des Rohwassers für die Trinkwasseraufbereitung steigt die Gefahr von Verkeimung und Bakterienbildung.

Steigende Temperaturen und Hitzewellen erhöhen darüberhinaus die Gefahr von Vegetations- und Böschungsbränden.



C



D

### Anfälligkeitskriterien gegenüber Hitze

- Standort in windstiller Tal- oder Kessellage mit starker Sonneneinstrahlung
- Lage in dicht bebautem Siedlungszusammenhang
- hoher Anteil asphaltierter Flächen und beschränktes Angebot an Grün- und Wasserflächen
- Dunkle Gebäude und Oberflächen mit geringem Rückstahlvermögen („Albedo“)
- asphaltierte Flächen mit hohem Schwerverkehrsanteil
- unzureichend gegen Hitzeeinfluss geschützte Gebäude (z.B. Leichtbauten, Zelte etc.)
- Mangel an schattenspendenden Elementen (z.B. Bäume) auf dem Betriebsgelände
- Ausrichtung der Arbeitsplätze in Richtung Süden
- sonnen- bzw. hitzeexponierte Arbeitsplätze im Freien
- Lagerung hitzeempfindlicher Produkte im Außenbereich oder an anderen ungeschützten Standorten
- hohes Personenaufkommen (Kunden, Mitarbeiter, Lieferanten)
- hitzeempfindliche Produktionsprozesse bzw. Einsatz temperaturanfälliger Materialien und Arbeitsmittel (EDV, Maschinen, Fahrzeuge etc.)
- hohe Abhängigkeit von Kühlwasserverfügbarkeit
- Brandgefährdete Böschungen und Vegetation in unmittelbarer Nähe zu den Betriebsgebäuden



Windlast beschreibt die Einwirkungen starker Luftströmungen auf die diesen ausgesetzte Objekte (z.B. Bauwerke bzw. -teile, Personen etc.). **Wind** wird grundsätzlich durch den Ausgleich hoher Druckunterschiede verursacht. Erreicht ein Wind eine Geschwindigkeit von mehr als 75 km/h (9 Beaufort) spricht man von einem **Sturm**, bei mehr als 120 km/h (12 Beaufort) von einem **orkanartigen Sturm**.

Grundsätzlich lassen sich hinsichtlich ihrer Charakteristika in Deutschland drei Haupttypen von Stürmen unterscheiden:

**Winterstürme** entstehen im Zusammenhang mit großflächigen Tiefdruckgebieten (Sturmtief) und kennzeichnen sich durch hohe Mittelwerte und eine längere Dauer über mehrere Stunden.

**Gewitterstürme** treten dagegen eher lokal auf und kennzeichnen sich durch geringe Mittelwerte und einen hohen Anteil kurzer und teilweise heftiger Sturmböen. Sie bilden den am häufigsten auftretenden Sturmtyp und gehen häufig einher mit starken Niederschlägen in Form von Regen oder Hagel.

Bei **Wirbelstürmen (Tornados)** handelt es sich um eine besondere und seltenere Form der Stürme, die vor allem in den Sommermonaten entstehen kann. Tornados sind gekennzeichnet von kleinräumigen Luftwirbel mit einer nahezu senkrechten Drehachse. Die interne Rotationsgeschwindigkeit ist meist wesentlich höher, als eine lineare Bewegung, wodurch durch das Mitführen von Trümmer und Schmutzteilen größere Schäden auf kleinerem Raum angerichtet werden können.

In Deutschland nimmt die durchschnittliche Windbelastung mit wenigen Ausnahmen großräumig von Süden nach Norden zu. Allerdings unterliegen die Belastungen durch Wind aufgrund der Abhängigkeiten von topographischen Gegebenheiten und der Geländerauigkeit auch kleinräumlich deutlichen Unterschieden. Auch die Höhen und die Stellung von Gebäuden kann einen lokalen Einfluss auf das Windgeschehen haben.

### Schadenspotenziale

Sturmschäden werden durch zwei Einflussgrößen erzeugt: zum einen durch die direkte Einwirkung von Wind oder Windböen auf Gebäude, Vegetation und anderen Güter, zum anderen durch den Windwurf von Gegenständen. Beide Faktoren können zu erheblichen Beschädigungen bis hin zum Einsturz von Gebäuden führen.

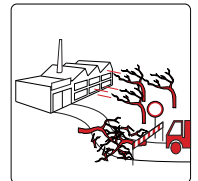
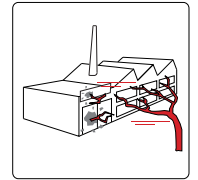
Durch die direkte Windlast können unterschiedliche Arten von Schäden an Gebäuden hervorgerufen werden. Der größte Teil der Schäden entsteht dadurch, dass einzelne Bestandteile der Gebäudehülle den wirkenden Druck- und vor allem den Sogkräften<sup>A</sup> nicht stand halten und versagen. Ein weiteres Schadenspotenzial bildet

sich im Falle von Innendruck<sup>B</sup>. Wenn durch Gebäudeöffnungen Winddruck bzw. Windsog im Gebäude verursacht wird, kann dies zu erheblichen Schäden innerhalb des Gebäudes führen.

Viele Schäden entstehen bei Sturmereignissen durch den Anprall bzw. den Einsturz von Bäumen oder anderen Gegenständen<sup>C</sup> (z.B. losgerissene Gebäudeelemente, Geräte, Leichtbauten, gelagerte Objekte etc.). Insbesondere die heutzutage vorwiegend genutzten Materialien im Gewerbebau (Glas, Metall, Kunststoff) können dadurch erheblich in Mitleidenschaft gezogen werden.

Durch entwurzelte Bäume oder umstürzende Anlagen (Oberleitungen, Signale, Schilder etc.) können Zufahrtswege bzw. Versorgungsleitungen unterbrochen werden<sup>D</sup>, wodurch Arbeits- und Lieferprozesse eingeschränkt werden bzw. ausfallen können. Hinzu kommt die Gefahr von Personenschäden (Mitarbeiter und Kunden) durch herumfliegende Gegenstände bzw. herabstürzende Äste oder Dachelemente. Durch diese können im Falle von Verkehrssicherungsverletzungen erhebliche haftungsrechtliche Belastungen für einen Gewerbebetrieb entstehen.

Das Schadensausmaß eines Sturmereignisses kann durch den Transport von Regen, Schnee, Hagel oder Sand verstärkt werden. Hierdurch können Überflutungen, Hagelschäden und sich anhäufende Schneelasten mit den jeweils verbundenen Konsequenzen hervorgerufen werden.



### Anfälligkeitskriterien gegenüber Windlasten

- Betriebsstandort in einer dem Wind ausgesetzten Lage (z.B. Küste, Höhenlage oberhalb 500m, auf einer Bergkuppe, angrenzend an größere Gewässer oder Freiflächen)
- windfördernde Bebauungsstruktur und Geländerauigkeit (z.B. Straßenzüge mit Tunnelwirkung oder Gebäude, die deutlich aus der geschlossenen Bebauung herausragen)
- starke Dachneigungen, große Auskragungen, breite Dachüberstände und großflächige Dächer oder Dichtungsbahnen mit unzureichender Unterverschalung
- hochragende Anlagen (Oberleitungen, Schilder etc.) oder Dachaufbauten mit geringem Eigengewicht (z.B. Kamine, Antennen, Blitzschutzanlagen, Schneefänge, Photovoltaik, Gauben etc.)
- Gebäude mit stark strukturierten Außenwand- und Dachflächen (Strömungseffekte)
- bekleidete oder großflächig verglaste Gebäudefassaden quer zur Hauptwindrichtung
- Fassaden bzw. Dachaufbauteile aus bruchgefährdeten Materialien (Glas, Kunststoff, Wellplatten etc.)
- winddurchlässige Öffnungen in Betriebsgebäuden (z.B. Tore, Einfahrten, Verladeöffnungen)
- Betriebsgebäude mit geringer Standsicherheit (Zelte, Gewächshäuser, Baustellen, Traglufthallen etc.)
- Aussenlagerung schlagempfindlicher Produkte oder Objekte mit geringem Eigengewicht
- große Bäume in unmittelbarer Nähe der Betriebsgebäude und Nutzflächen
- hohes Personen- und Verkehrsaufkommen (Kunden, Mitarbeiter, Lieferanten)
- Arbeitsplätze in temporären Bauten oder im Aussenbereich nahe windwurfgefährdeter Objekte



Hagel ist ein Wetterphänomen, das vorwiegend in den Sommermonaten während eines starken Gewitters nach längeren Hitzeperioden auftreten kann. Ein häufiges Auf- und Absteigen von unterkühltem Wasser durch starke Aufwinde führt innerhalb von Wolken zur Bildung von Körnern, die ab einer bestimmten Größe bzw. ab einem bestimmten Gewicht zu Boden fallen. Von **Hagel** spricht man ab einer Korngröße von mehr als 0,5 cm Durchmesser, kleinere Körner werden als Graupel bezeichnet. Hagelzüge haben im Normalfall eine Länge von wenigen Kilometern und eine Breite von weniger als einem Kilometer. Sie weisen eine starke räumliche Variabilität auf.

Hagel tritt vorwiegend in Regionen auf, in denen trockenkalte und feuchtwarmluftmassen aufeinanderstoßen, besonders über bewegtem Gelände. In Deutschland nehmen die Wahrscheinlichkeit und die Häufigkeit von Hagelgewittern sowie die durchschnittliche Korngröße von den Küsten in Richtung der Mittelgebirge und des Alpenvorlandes deutlich zu. Vor allem über dem Süden und dem Westen Deutschlands ist die Hagelwahrscheinlichkeit nach Analysen des Deutschen Wetterdienstes relativ hoch.

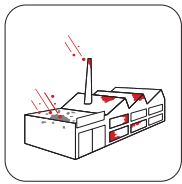
Lokal betrachtet sind vor allem Standorte an windzugewandten Hängen und Waldfronten betroffen, da es dort zu einer Ablenkung der Windströmungen kommen kann. Die orts- und zeitgenaue Vorhersage von Hagelereignissen ist jedoch außergewöhnlich schwierig.

### Schadenspotenziale

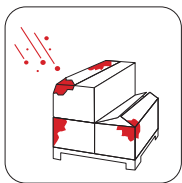
Die volkswirtschaftlichen Schäden aus Hagelgewittern haben in letzter Zeit in markanter Weise zugenommen. Gründe hierfür liegen neben den klimatischen Veränderungen insbesondere in der vermehrten Verwendung nicht hagelresistenter Baumaterialien und Fassadenmaterialien im Gewerbebau.

Neben Personenschäden, die durch eine unmittelbare Beeinträchtigung von Menschen durch den Hagelschlag hervorgerufen werden können, sind es vor allem Schäden an Gebäudehüllen<sup>A</sup> (Dächern, Fassaden, Fenstern etc.) sowie an draussen gelagerten mobilen Elementen<sup>B</sup> (Fahrzeuge, Produktionsmittel), die im Vordergrund stehen.

Materielle Hagelschäden lassen sich in optische Beschädigungen an Oberflächen (z.B. Abplatzungen oder Dellen) und in funktionelle Schäden (z.B. Risse oder Brüche) einteilen, welche die Wasserdichtheit bzw. die Mechanik von Anlagen beeinflussen können. Hinzu kommen eine Reihe von Schäden, die indirekt durch ein Hagelereignis hervorgerufen werden können. Infolge eines Hagel-durchschlages in Fenster und Dächer kann Niederschlagswasser



A



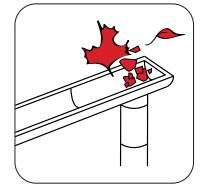
B



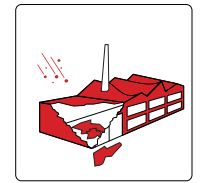
in Betriebsgebäude gelangen und dort Gegenstände beschädigen oder zerstören. Eine Verstopfung von Ablaufschächten<sup>C</sup> an Balkonen und Dächern durch Hagelkörner oder abgerissene Blätter und Zweige kann zu einem Einstau oder schlimmstenfalls zum Einsturz von Dächern durch Hagelaufasten<sup>D</sup> führen. Verstopfte Entwässerungsanlagen im Straßenraum bzw. auf dem Gewerbegrundstück können oberflächliche Überflutungen herbeiführen. Je nach Ausmaß der durch den Hagel erzeugten Schäden können Produktions- bzw. Auslieferungsunterbrechungen hervorgerufen werden.

Wie groß das Schadensausmaß eines Hagelereignisses ist, hängt in erster Linie von dem Durchmesser der Hagelkörner sowie der daraus resultierenden Aufprallgeschwindigkeit ab. Die durchschnittliche Größe von Hagelkörnern beträgt 1-3 Zentimeter. Mittelgroße Hagelkörner mit einem Durchmesser von zwei bis drei Zentimetern können bereits horizontale Glasscheiben oder Oberlichter aus Plexiglas zerbrechen und zu erheblichen Lackschäden an Fahrzeugen führen. Bei einer Korngröße von ca. fünf Zentimetern können Tonziegel und auch verstärkte Fensterscheiben zerbrechen. Zudem können sie große Äste von Bäumen mitreißen. Bei einem noch größeren Durchmesser der Hagelkörner steigt die Gefahr signifikanter Gebäude- und Personenschäden.

Erschwerte Schäden durch Hagel können entstehen, wenn zusätzlich starke Winde wehen, die den Einfallswinkel der Hagelkörner verändern und die Aufprallgeschwindigkeit erhöhen. Dadurch können auch Fassadenelemente erhöhten Schaden nehmen.



C



D

### Anfälligkeitskriterien gegenüber Hagel

- Betriebsstandort in einer der windzugewandten Lage (z.B. an einem Hang, vor einer Waldfront oder auf einer Anhöhe)
- isolierte Lage der Betriebsgebäude bzw. aus der geschlossenen Bebauung herausragende Gebäude
- Aussenlagerung schlagempfindlicher Güter (Fahrzeuge, Produkte, Maschinen etc.)
- bruchgefährdete Bauwerke (z.B. Zelte, Glashäuser), Bauteile (z.B. Glas, Metall, Kunststoff) oder Fassadenelemente (Sonnenschutzrollos, Wärmedämmputz)
- schlagempfindliche Dachaufbauten (z.B. Oberlichter, Photovoltaikanlagen)
- große Bäume in unmittelbarer Nähe der Betriebsgebäude und Nutzflächen
- hohes Personen- (Kunden, Mitarbeiter, Lieferanten) und Verkehrsaufkommen
- Arbeitsplätze im Außenbereich

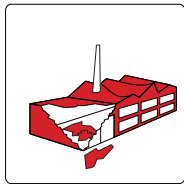


Bereits bei Temperaturen von 5 Grad kann **Schnee** fallen. Die Größe der Flocken ist temperaturabhängig. Je kälter es ist, umso kleiner werden die Flocken. Jedoch ist die Häufigkeit bei Temperaturen um den Gefrierpunkt größer. Wird es zu kalt, verringert sich die Schneewahrscheinlichkeit, da kalte Luft weniger Feuchtigkeit aufnehmen kann.

Eine **Schneelast** ist nicht alleine abhängig von der Schneehöhe. Vielmehr spielen auch das Alter und die Feuchtigkeit des Schnees eine entscheidende Rolle. Neuschnee wird am Boden durch äußere Einflüsse wie Temperatur und Wind fester und klebriger. Nasser, dichter Schnee kann bis zu hundert Mal schwerer sein als trockener, lockerer Pulverschnee. Noch schwerer ist Eis, welches sich durch Frost-Tau-Wechsel häufig unter einer Schneeschicht bildet. Bei trockenem, lockerem Neuschnee können Schneelasten von 30 bis 50 kg pro Kubikmeter, bei feuchtem Altschnee sogar das Zehnfache an Lasten entstehen. Durch die steigenden Temperaturen wird künftig häufiger Regen auf Schneedecken fallen, was erhöhte Belastungen sowie ein vermehrtes Schneegleiten verursachen könnte.

Wenn es durch Verlagerungen oder Verwehungen zu Anhäufungen an bestimmten Stellen kommt, kann eine Schneelast unterschiedlich stark auf Tragkonstruktionen wirken.

Der Umfang einer Schneelast wird beeinflusst durch die klimatische und topographische Lage des Standortes. Da die Intensität einer Schneelast überproportional zur Höhenlage wächst, sind in Deutschland besonders solche (Mittel-)gebirgslagen gefährdet, die Wind und Niederschlägen ausgesetzt sind.



A



B

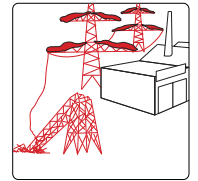
### Schadenspotenziale

Bleibt Schnee längere Zeit auf Trägerkonstruktionen liegen, kann dies Einfluss auf die Standsicherheit haben. Entscheidend für die Anfälligkeit eines Gebäudes sind vor allem die Art und Form des Daches (Neigung, Oberflächenrauigkeit, Höhengsprünge) sowie der Wärmeaustausch an der Dachoberfläche.

Das größte Risiko einer Schneelast stellt das Versagen der Statik eines Gebäudes bzw. Daches oder das Abbrechen von Ästen an Bäumen dar, wodurch erhebliche Personen-, Sach- und Produktionsschäden hervorgerufen werden können<sup>A</sup>. Ein statisches Versagen muss nicht unbedingt unmittelbar eintreten. Eine Verschiebung des Gebäudes oder Risse sowie Verformungen der Dachkonstruktion können die Statik auch nach Räumung der Schneelasten noch beeinflussen.

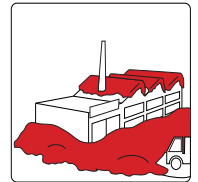


Bei Dächern mit einer Neigung von mehr als 25 Grad können Rutschungen in Form von Dachlawinen oder Schneebretter entstehen und ebenso zu Personen- und Sachschäden führen<sup>B</sup>. Wenn sich Tau- und Frostperioden abwechseln, besteht die Gefahr der Bildung von schweren Eisschichten unter den Schneelasten oder der Zapfenbildung in den Traufbereichen geneigter Dächer. Dadurch erhöht sich das Risiko, dass Dachlawinen abgehen oder dass schwere Eiszapfen die Dachtraufen überbeanspruchen bzw. abbrechendes Eis Personen oder empfindliche Gegenstände unterhalb der Gebäude gefährdet. Zudem können Türen und Fenster blockiert und Gebäudeteile wie Vordächer beschädigt werden



C

Bei Flachdächern kann eine unzureichende Entwässerung bzw. deren Verstopfung zum Rückstau von Schmelzwasser führen, wodurch Feuchtigkeitsschäden erzeugt oder die Lasten auf der Dachfläche erhöht werden können.



D

Auch die oberirdischen technischen Infrastrukturen wie z.B. Hochspannungsleitungen<sup>C</sup>, Schienenwege etc. können durch Schneelasten bzw. Vereisung oder Frostsprengungen in Mitleidenschaft gezogen werden. Ein Ausfall dieser Infrastrukturen kann zu einer Unterbrechung bzw. einer Verlangsamung von Arbeitsprozessen führen. Extreme Schneehöhen oder lange anhaltender Frost können darüber hinaus auch die Zugänglichkeit von Betriebsgeländen bzw. den Zugriff auf (außengelagerte) Produktionsmittel oder Fahrzeuge erschweren<sup>D</sup>, was weitere Prozessverzögerungen zur Folge haben kann.

### Anfälligkeitskriterien gegenüber Schneelasten

- Lage des Betriebes an einem schneereichen Standort (Höhenlage, Bergkuppe, witterungsexponierte Hanglage, Gebäude quer zur Windrichtung)
- große (nicht begehbare) Dachflächen (insbesondere Flachdächer) mit hohen Stützweiten
- Dachformen mit großen Auskragungen oder stark überhängende Traufen und Vordächern
- hohe, dem Wind ausgesetzte Gebäude (Verwehungsgefahr)
- hoher Anteil geneigter Glasflächen oder nicht begehbaren Oberlichter
- lastempfindliche Dachaufbauten (z.B. Sonnenkollektoren)
- Gebäude mit stark strukturierten Dachflächen (Versätzen)
- Leichtbauten mit geringer Standsicherheit bzw. mit niedrigen zulässigen Dachlasten (z.B. Zelte, Glashäuser, Holzschuppen etc.)
- schneelastgefährdete Gebäude mit hohem Publikumsverkehr (Versammlungsstätten, Arbeitsplätze, Freizeiteinrichtungen etc.)
- steile Schrägdachflächen zu Flächen mit erhöhtem Personenaufkommen (Fußwege, Arbeitsplätze im Aussenraum)
- Aussenlager mit schnee- bzw. feuchtigkeitsempfindlichen Gütern oder Produktionsmitteln
- große Bäume oder Leitungsmasten in unmittelbarer Nähe der Betriebsgebäude und Nutzflächen

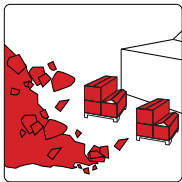




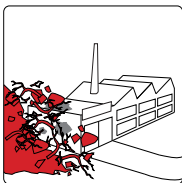
Klimatische Veränderungen wie z.B. ein erhöhter Wasseranteil im Boden oder eine veränderte Vegetation mit einer niedrigeren Wurzelndichte können gravitative **Massenbewegungen** auslösen, bei dem Bodenmaterial durch den Einfluss der Schwerkraft bewegt wird. Hinsichtlich ihres Materials, ihrer Dynamik und ihrer Geschwindigkeit lassen sich mehrere Arten von Massenbewegungen unterscheiden:

Bei einem **Hangrutsch** oder **Murgang** kommt es dazu, dass geneigte Erd- und Gesteinsmassen durch die Schwerkraft und verminderte Bodenhaftung langsam abgleiten. Hangrutschungen werden in der Regel ausgelöst durch starke Niederschläge und das Eindringen von Wasser zwischen vorher gebundene Bodenschichten. Durch Verringerung der Haftreibung entsteht zwischen diesen Schichten eine Gleitfuge, entlang der das Bodenmaterial abrutscht. Ein Hangrutsch kann eine Geschwindigkeit von bis zu 60 km/h erreichen. Während des Abgleitens nimmt er auf seinem Weg meist weiteres Material mit.

Eine weitere Form der Massenbewegung stellt die Absenkung bzw. die Setzung von geschütteten oder eingebauten Böden unter seinem Eigengewicht dar. Derartige **Erdsenkungen** bilden sich durch Austrocknung, oder infolge der Ausspülung des Feinanteils von Lockergesteinen durch Grundwasser. Dadurch entstehen unterirdische Hohlräume, die zum plötzlichen Absenken der Erdoberfläche führen. Typische Erdsenkungsgebiete in Deutschland sind Regionen mit hohem Kalk-, Salz- und Gipsanteilen im Bodenmaterial sowie ehemalige Bergbauregionen.



A



B

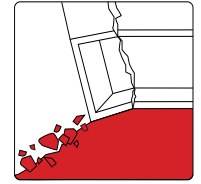
An Steilhängen sowie in Bereichen von spröden, brüchigen Festgesteinen kann es passieren, dass Felsen oder Geröll mit hoher Geschwindigkeit niederstürzen. Solche **Steinschläge** treten vermehrt nach kräftigen Regenfällen oder bei beginnender Erwärmung nach Frostnächten ein, wenn das Schmelzen von Klufteis zwischen dem Lockergestein den Zusammenhalt verringert.

Bei **Lawinen** handelt es sich um Massenbewegungen aus Schnee oder Eis im Gebirge. Sie können Geschwindigkeiten von bis zu 300 km/h erreichen und auf ihrem Weg ins Tal viel Material mit sich reißen. Besonders lawinengefährdet sind Nord- und Nordosthänge aufgrund der geringen Sonneneinstrahlung, sowie Hänge mit einer Neigung von 25 bis 45 Grad.

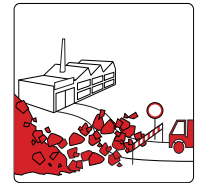
### Schadenspotenziale

Gravitative Massenbewegungen bilden, besonders durch ihre schwere Vorhersehbarkeit und wegen ihres plötzlichen Auftretens, ein großes Schadensrisiko für angrenzende Gewerbeflächen. Ihr meist großes Volumen sowie ihre Geschwindigkeit sorgen für

eine besonders starke Wucht bei Aufprall auf Gebäude und andere Hindernisse auf ihrem Weg<sup>A</sup>. Durch das mitgeführte Material<sup>B</sup> und die damit verbundene erhöhte Energie richten Erdbeben oder Lawinen meist mehr Schaden an als ein Hochwasser. Geraten die Erd- oder Schneemassen einmal in Bewegung sind sie nur schwer aufzuhalten, besonders, da sie meist in ihrem Verlauf weiteres Material mit sich nehmen und dadurch ihr Volumen vergrößern. An erster Stelle drohen Personenschäden. Im Falle eines direkten Aufpralls können die daraus resultierenden Schäden an Gebäuden und Produktionsanlagen von Rissen bis zum Einsturz<sup>C</sup> des Gebäudes bzw. der Anlagen reichen.



C



D

Neben dem eigentlichen Aufprall bestehen zudem Gefahren durch Überschüttung des Betriebsgeländes sowie von Versorgungsleitungen und Verkehrswegen. Dies kann, ebenso wie Gebäudeschäden, zu einem Ausfall bzw. zu einer Einschränkung von Arbeits- und Lieferprozessen<sup>D</sup> und somit zu Verfügbarkeitsproblemen führen. Auch erdverlegte Leitungen können in ihrer Funktionstüchtigkeit gestört werden.

Wenn hohe Anteile Wasser bzw. Schnee mitgeführt werden, drohen darüber hinaus Feuchtigkeitsschäden, ggf. kann es zu einem Eindringen von Wasser in Gebäude/Keller kommen. Im Falle dass Gefahrenstoffen von einer sich bewegenden Masse erfasst und transportiert werden, erhöht sich ferner das Risiko von Umweltbeeinträchtigungen.

### Anfälligkeitskriterien gegenüber gravitativen Massenbewegungen

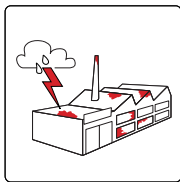
- Lage der Gewerbefläche unterhalb eines Steilhanges oder eines Felsvorsprungs
- Standort in einem seismologisch gefährdetem Gebiet oder in einer (ehemaligen) Bergbauregion
- Lage an einem dem Wind ausgesetzten und niederschlagsreichen Standort
- hoher Grundwasserdruck
- wasserempfindliche, spröde und lockere Böden und Gesteinsarten (z.B. Kalk-, Salz- und Giphaltige Böden) mit wenig Vegetation
- durch Hangrutschungen gefährdete Zufahrten bzw. Versorgungsleitungen
- dichte Bebauung des Betriebsgeländes
- breite Gebäudefronten (Angriffsflächen) entgegen der Sturzrichtung an der Hangseite
- Gebäudeöffnungen (Türen, Fenster, Einfahrten) oder einspringende Ecken (z.B. Erker oder kamine) an den hangseitigen Aussenwänden
- Intensive Nutzung und Lagerung empfindlicher Güter auf den hangzugewandten Flächen
- hohes Personenaufkommen auf dem Grundstück und in hangnahen Gebäuden/Räumlichkeiten
- Leichtbauten mit geringer Standsicherheit (Zelte, Holzschuppen, Glashäuser etc.)



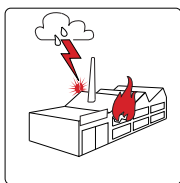
Blitze sind Begleiterscheinungen eines Gewitters und entstehen als Folge von Feuchte in Bodennähe sowie starke vertikale Temperaturveränderungen. Ein **Blitz** dient dem Ausgleich positiver und negativer Ladungsdifferenzen, die aufgrund starker Aufwinde innerhalb einer Gewitterzelle entstehen können. Es wird dabei in Negativ- und Positivblitze unterschieden. Den vorwiegenden Anteil von Blitzen bilden **Negativblitze**. In ihnen fließt negative Ladung zum Boden und sie erreichen eine Stromstärke von durchschnittlich 20.000 Ampere. In den deutlich seltener auftretenden **Positivblitzen** fließt die positive Ladung nach oben, in die Wolke. Derartige Blitze sind wesentlich gefährlicher, da sie eine Stromstärke von bis zu 400.000 Ampere erreichen können.

Aufgrund der Entstehungsvoraussetzungen von Gewitterzellen (Temperatur, Luftdruck und Luftfeuchtigkeit), treten Blitze vermehrt in den Sommermonaten (Mai bis September) auf. Sie dauern nur einige Millisekunden an und sind nur wenige Zentimeter dick, doch sie erreichen bis zu ein Drittel Lichtgeschwindigkeiten und sind bis zu 30.000 Grad Celsius heiß.

Das Risiko von Blitzen nimmt in Deutschland vom norddeutschen Flachland in Richtung höherer Lagen zu. Besonders viele Gewitter lassen sich in den süddeutschen Mittelgebirgen und entlang des Alpkamms sowie im südlichen Sachsen feststellen. Die Vorhersage von Gewittern und Blitzen ist extrem schwierig, da sie oft innerhalb weniger Minuten entstehen und auf eng begrenztem Raum auftreten.



A



B

### Schadenspotenziale

Blitze bilden eine der größten Gefahren, die durch ein Gewitter entstehen können. An erster Stelle sind Menschen, die sich bei Gewitter auf Betriebsgeländen im Freien aufhalten durch direkte oder indirekte Blitzschläge gefährdet. Daneben können auch Betriebsgebäude, Produkte und Produktionsanlagen durch Blitzeinschläge unmittelbaren Schaden erleiden<sup>A</sup>. So kann beispielsweise die Steuerung einer Industrieanlage durch den elektromagnetischen Impuls ausfallen und dadurch Fertigungsanlagen zum Stillstand bringen. Blitze schlagen häufiger in Gebäude oder Gegenstände ein, die das Gelände deutlich überragen.

Direkte, zündende Blitzschläge<sup>B</sup> können sowohl Schwelbrände und Explosionen als auch Schäden durch Krafteinwirkung hervorrufen. Nicht nur ein direkter Blitzeinschlag, sondern auch eine Entladung in der Nähe kann gravierende (Folge-)Schäden verursachen.

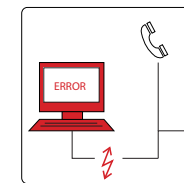
Ein Blitzeinschlag kann zunächst die Bausubstanz beschädigen. Schadenspotenziale liegen insbesondere im Dachbereich, wo ganze Dachflächen zerstört, Dachbalken gespalten, Putzflächen abge-



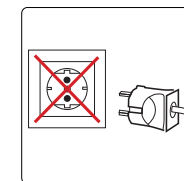
sprengt oder Fenster und Türen zerstört werden können. Darüber hinaus kann ein Blitzschlag aufgrund seiner extremen Temperaturen einen Brand verursachen. Im Falle eines Feuerwehreinsatzes kann es im weiteren Verlauf zu zusätzlichen Schäden durch Löschwasser kommen. Blitzeinschläge können ferner zu Zerstörungen führen, wenn zum Beispiel in Baustoffen oder in Gütern enthaltenes Wasser explosionsartig verdampft.

Die infolge eines Blitzeinschlages auftretende Überspannungen (Überschreitungen der maximalen Netzspannung) können an allen Schnittstellen von Geräten mit der Umgebung übertragen werden und das gesamte Stromnetz durchziehen. Sie richten Schäden an Installationsanlagen (herausgesprengte Unterputzleitungen, verschmorte Verteiler- und Steckdosen, zerstörte Zählerkästen, Photovoltaikanlagen). Ebenso betroffen sind angeschlossene elektronische Geräte und Maschinen wie z.B. Computer, elektronisch gesteuerte Heizungs- Alarm- oder Telekommunikationsanlagen<sup>C</sup>. Die kritischsten Punkte im Gebäude bilden in der Regel Steckdosen, Antenneneingänge sowie Telekommunikationsleitungen. Überspannungen können ferner auch Personenschäden hervorrufen.

Stromausfälle<sup>D</sup> durch Blitzschlag oder durch Überspannungsschäden können einen Ausfall bzw. eine Einschränkung von Produktions- und Liefer-, Verwaltungs- und Planungsprozessen mit sich führen.



C



D

### Anfälligkeitskriterien gegenüber Blitzschlag

- Lage des Betriebs im Gebirge, auf einer Anhöhe bzw. einer Bergkuppe oder an einem wind- und niederschlagsexponierten Prallhang
- einzelstehende Gebäude
- Betriebsgebäude, die das Gelände bzw. die Umgebung überragen (z.B. Hochhäuser, Türme, Kamine)
- herausragende Anlagen auf Dachflächen (z.B. Antennen, Photovoltaikanlagen,...)
- hohe Bäume in unmittelbarer Nähe zu Gebäuden und Nutzflächen
- Betriebsgebäude aus leicht brennbaren Baumaterialien
- Lagerung bzw. Verarbeitung leichtentflammbarer, explosionsgefährdeter Stoffe auf dem Gelände (z.B. Flüssigkeiten, Gase)
- brand- und explosionsgefährdete Prozesse (Holzverarbeitung, Mühlen, Farben)
- Prozesse mit zwingender Abhängigkeit einer durchgängigen Stromversorgung (z.B. Kühlsysteme)
- intensive Nutzung und Abhängigkeit des Betriebes von elektronischen Anlagen und von Telekommunikationsnetzen
- hohes Personenaufkommen auf dem Betriebsgelände
- Gebäude unter Denkmalschutz bzw. mit besonderem kulturellen Wertinhalt (z.B. Archive)



**Dürre** beschreibt eine länger andauernde **Trockenperiode**, die dadurch gekennzeichnet ist, dass weniger Wasser verfügbar ist als erforderlich. Sie ist abhängig von dem Verhältnis der Regenmenge zur Verdunstung sowie von der Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens. Meistens geht eine Dürreperiode mit hohen Temperaturen einher.

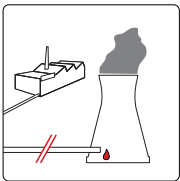
Im Allgemeinen werden drei Typen von Dürre unterschieden: als **meteorologische Dürre** bezeichnet man den Zustand, wenn über einen längeren Zeitraum unterdurchschnittlich viel Niederschlag fällt. Eine **landwirtschaftliche Dürre** ist dagegen gegeben, wenn es in den Wurzelzonen des Bodens zu wenig Wasser für eine durchschnittliche landwirtschaftliche Produktion von Nutzpflanzen gibt. Von einer **hydrologischen Dürre** wird gesprochen, wenn die Wasserspiegel in Flüssen, Seen, Wasserreservoirs oder im Grundwasser unter die durchschnittlichen Höhen fallen.

Grundsätzlich kann eine länger andauernde Trockenperiode überall vorkommen. Da derartige Ereignisse jedoch vorwiegend in Gegenden mit kontinentalem Klima auftreten, sind in Deutschland insbesondere die östlichen und südöstlichen Regionen von Dürre betroffen. Aber auch in anderen Regionen gibt es kleinräumlich betrachtet Gegenden, die immer häufiger durch einen Wassermangel gekennzeichnet sind. Hierzu zählen vor allem diejenigen Regionen, die im Windschatten der Mittelgebirge liegen.

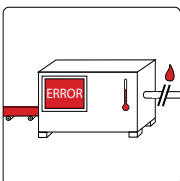
### Schadenspotenziale

Gewerbe und Industrie verlangen zunehmend nach Betriebswasserkreisläufen, sowohl für Produktion und Kühlung als auch für Toilettenspülung bzw. Brandschutz. Der Wasserbedarf in Industrie und Gewerbe gestaltet sich dabei je nach Produktionszweig sehr unterschiedlich. Aufgrund der hohen Wasserabhängigkeit der Energiewirtschaft ist jedoch fast jede wirtschaftliche Tätigkeit mittelbar auf Wasser angewiesen und anfällig für Wassermangel.

Eine länger andauernde Trockenperiode kann zur Folge haben, dass Produktionsprozesse eingeschränkt werden bzw. komplett ausfallen. Zum einen kann der Kühlwassermangel in Kraftwerken<sup>A</sup> zu Stromengpässen führen, die sich insbesondere auf Gewerbebetriebe mit einer erhöhten Nachfrage nach Energie auswirken können. Andererseits können Produktionsprozesse in solchen Unternehmensbranchen betroffen sein, die sich durch einen hohen Bedarf an Brauchwasser kennzeichnen<sup>B</sup> (z.B. Papier- oder Chemiebetriebe).



A

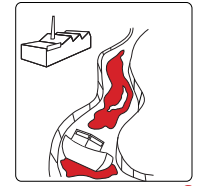


B

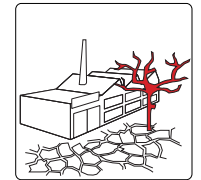
Produktionsprozesse können auch indirekt durch Trockenperioden beeinflusst werden. Aufgrund von dürrebedingten Ernteeinschränkungen können in solchen Betrieben Liefer Schwierigkeiten entstehen, die landwirtschaftliche Produkte verarbeiten. Gleiches gilt für diejenigen Unternehmen, die in ihren Lieferbeziehungen abhängig von der Binnenschifffahrt bzw. von der Beschiffbarkeit der Flüsse sind<sup>C</sup>. Durch die geringe Ladekapazität bei Niedrigwasser steigen die Transportkosten für Unternehmen.

Eine Dürre kann auch ökologische Folgen in Gewerbegebieten und deren unmittelbaren Umgebung mit sich führen. So kann eine lange andauernde Trockenperiode bei unzureichender Bewässerung der Grünflächen und der Vegetation auf Betriebsgeländen dauernde Störungen des Wasserhaushaltes der Pflanzen hervorrufen<sup>D</sup>. Durch ein Austrocknen der Böden erhöht sich zudem die Gefahr der Erosion und daraus resultierender Massenbewegungen.

Ferner droht eine Belastung des ökologischen Gleichgewichtes in Gewässern durch Grenzwertüberschreitungen (25-28 Grad) beim Zurückleiten von Wasser in die Vorfluter. Hierdurch kann es zu einer Verringerung des Sauerstoffgehaltes und zu bakteriellen Belastungen im Gewässer kommen. Hinzu kommt, dass die natürliche Grundwasserneubildungsrate zu Trockenzeiten, insbesondere in Ballungsräumen mit einer erhöhten Nachfrage, von der Grundwasserentnahme überschritten wird, wodurch der Wasserhaushalt nachhaltig beeinträchtigt werden kann.



C



D

### Anfälligkeitskriterien gegenüber Dürre

- Lage der Gewerbefläche im kontinentalen Wettereinfluss bzw. im Windschatten eines Gebirges
- erosionsgefährdete Böden
- hoher Anteil an Vegetation und bewässerungsintensiver Grünflächen auf dem Betriebsgelände
- hoher Energiebedarf
- hoher Brauchwasserbedarf für Produktions- und Arbeitsprozesse
- hoher Kühlwasserbedarf
- Abhängigkeit von Binnenschifffahrt und Schiffbarkeit der Flüsse
- Verarbeitung landwirtschaftlicher Güter
- Lage der Gewerbefläche in einem stark bewaldeten Gebiet, bzw. brandgefährdete Böschungen und Vegetation in unmittelbarer Nähe zu den Betriebsgebäuden



10



11



12

### Zusammenfassung

- Viele Gewerbeimmobilien sind aufgrund ihrer Lage, ihrer baulichen Eigenschaften und der hohen Dichte an Sachwerten vergleichsweise anfällig dafür, von Wetterextremen in Mitleidenschaft gezogen zu werden.
- Im Bereich der Gewerbearchitektur geht der Trend zu funktionellen, flexiblen und teils wenig robusten Gebäudehüllen mit nur bedingt witterungsresistenten Baumaterialien.
- Die prognostizierten Klimaveränderungen lassen eine Anpassung der gültigen technischen Baubestimmungen und eine Erhöhung der Lastannahmen in den DIN-Normen erwarten.
- Bei Neubauten kann man auf die neuen Herausforderungen noch relativ einfach reagieren, im Gebäudebestand ist dies schwieriger.
- Der Verkehrssektor und die davon abhängigen Wirtschaftszweige sind im Branchenvergleich besonders sensibel gegenüber Extremwetterereignissen. Infrastrukturelle Störungen und Ausfälle können sich erheblich auf den operativen Betrieb von Unternehmen auswirken.
- Nicht alle Gewerbe- und Industriebetriebe sind gleichermaßen sensibel für Klimafolgen.
- Die Anfälligkeit eines Unternehmens ergibt sich aus dem Standort, den baulich-räumlichen Gegebenheiten, der Branchenzugehörigkeit sowie aus den vorhandenen Anpassungskapazitäten eines Unternehmens.



# 4

Anpassungsmöglichkeiten

## Anpassungsmöglichkeiten

Der Bedarf an Schutzkonzepten gegenüber Wetterextremen wird bei vielen Unternehmen im Zuge des Klimawandels kontinuierlich wachsen und effiziente, dauerhaft wirksame Lösungen erfordern. Durch die Anpassung gewerblicher Flächen und Immobilien an die Folgen des Klimawandels können die Standortsicherheit erhöht sowie Personen- und Sachwertrisiken reduziert werden.

Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel können auf mehreren räumlichen Ebenen und in unterschiedlichen Umsetzungszeiträumen getroffen werden. Sie lassen sich in planerische, baulich-technische und organisatorische Maßnahmen unterteilen. Zunächst besteht die Möglichkeit präventiv durch Instandhaltung, Ertüchtigung bzw. Erneuerung von Anlagen eine bauliche Vorsorge gegenüber Klimatrends und Extremwettern zu leisten. Hinzu kommen organisatorische Maßnahmen, die einerseits der Schadensminderung während eines Extremereignisses dienen und solche, die andererseits im Anschluss an ein Ereignis reaktiv zur Schadenserhebung ergriffen werden können.

Jedem Gefährdungssegment (Hitze, Überflutungen, Schneelasten etc.) können entsprechende bauliche und organisatorische Anpassungslösungen zugeordnet werden, die einzeln oder als ein Maßnahmenbündel geeignet sind, die Anfälligkeit eines Industrie- oder Gewerbestandortes zu reduzieren.

### Synergien und Konflikte

Durch manche Anpassungslösung lassen sich Synergien mit anderen Zielen erreichen. So kann beispielsweise eine gute Wärmedämmung gegen Energieverluste im Winter gleichzeitig auch dem Schutz gegen übermäßige Aufheizung der Gebäude im Sommer dienen. Entsiegelungsmaßnahmen oder Dachbegrünungen erfüllen nicht nur mikroklimatische Funktionen, sondern leisten auch einen Beitrag zur dezentralen Bewirtschaftung von Regenwasser. Andererseits kann jedoch auch durch die Entscheidung für eine bestimmte Anpassungslösung die Verwundbarkeit in einem anderen Gefahrensegment zunehmen. So wird beispielsweise durch die Nachrüstung von Gründächern auf Betriebsgebäuden die Dachlast erhöht, was wiederum die Verwundbarkeit gegenüber Schneelasten verstärken kann.

Es gilt daher im Rahmen der jeweiligen Betrachtung der betriebspezifischen Risiken und Anfälligkeiten, die geeigneten Maßnahmen unter Berücksichtigung aller Synergien und Konflikte gegeneinander abzuwägen und möglichst in Einklang zu bringen. Auch die möglichen Auswirkungen einer Maßnahme auf angrenzende Grundstücke sind im Rahmen dieser Abwägung zu betrachten und bei Bedarf mit den Nachbarbetrieben abzustimmen.

Eine Vielzahl der aufgeführten Maßnahmen (insbesondere zur Begrünung) trägt neben der Vorbeugung vor Klimatrends und Extremwettern gleichzeitig dazu bei, das Betriebsgrundstück bzw. die Umgebung attraktiver zu gestalten und somit die Aufenthaltsqualität für Mitarbeiter und Besucher im Gewerbegebiet zu erhöhen.

### Technische Umsetzung und Instandhaltung

Für nahezu alle Anpassungsmaßnahmen gilt es zunächst die baulich-technische Machbarkeit zu prüfen. Dies betrifft insbesondere den Gebäudebestand. So kann zum Beispiel eine nachträgliche Dachbegrünung nur dann in Betracht gezogen werden, wenn die statischen Voraussetzungen gegeben sind. Bei einer nachträglichen Entsiegelung, muss eine Beeinträchtigung des Unterbodens durch Schadstoffe ausgeschlossen werden. Im Neubau dagegen sind die Gestaltungsmöglichkeiten deutlich größer und nicht unbedingt immer mit Mehrkosten verbunden.

Die Sicherheit der bestehenden Gebäude gegenüber Wetterextremen kann auch durch eine kontinuierliche Unterhaltung erhöht werden. Insbesondere die Gebäudehüllen, die Entwässerungssysteme und die Dachkonstruktionen sollten daher regelmäßig kontrolliert und instandgehalten werden.

Die bestehenden Regelwerke im Bauwesen sowie die vorhandenen Bauproduktnormen geben den aktuellen Stand der Technik wieder und bieten Bauherren somit eine gute Orientierung bei der Dimensionierung und Bemessung baulicher Anlagen. Allerdings wird der Klimawandel zukünftig neue Anforderungen an die Sicherheit und an die Robustheit von Gebäuden und Materialien stellen, was mittelfristig vermutlich zu einer Anpassung und Überarbeitung der bestehenden Normen führen wird. Die klimatischen Veränderungen sollten daher bei der Umsetzung von Bau- oder Instandsetzungsmaßnahmen möglichst frühzeitig mit berücksichtigt werden.

### Notfallmanagement

Neben den baulich-technischen Maßnahmen zur Gefahrenabwehr empfiehlt es sich auf organisatorischer Ebene, betriebliche Notfallpläne aufzustellen, in denen z.B. mit Hilfe von Einsatzplänen oder Checklisten die wichtigsten Handlungsabläufe bei Eintritt eines Extremwetterereignisses geregelt und die betrieblichen Zuständigkeiten innerhalb und außerhalb der Arbeitszeiten festgelegt werden. Auch der Informationsaustausch und eventuelle Kooperationen mit umliegenden Betrieben (Nachbarschaftshilfe) sollten bei der Notfallplanung berücksichtigt werden. Ferner sollten bei der Ausarbeitung solcher Notfallpläne vorliegende Informationen (wie z.B. Hochwassergefahrenkarten) zu lokalen Gefährdungssituationen und zu Extremwetterereignissen in der Vergangenheit - soweit vorhanden - herangezogen werden.

### Maßnahmenübersicht

Im Folgenden werden eine beispielhafte Übersicht geeigneter baulich-technischer Anpassungslösungen sowie Hinweise zum akuten Notfallmanagement gegeben. Die Liste orientiert sich dabei nach den in Kapitel 3 betrachteten Gefahrensegmenten, um eine jeweilige Zuordnung der Maßnahmen zu ermöglichen.

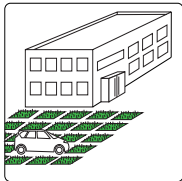




## Baulich-räumliche Präventionsmaßnahmen

- Rückbau versiegelter Flächen
- Dachbegrünung
- Schaffung von Notwasserwegen
- Anpassung von Geländeneigungen und Abflusswegen
- Zwischenspeicherung auf Freiflächen
- Einrichtung von Versickerungsanlagen
- Naturnahe Fließgewässergestaltung
- Erhöhte Gebäudeanordnung
- Sicherung von Gebäudeöffnungen
- Angepasste Keller- und Erdgeschossgestaltung
- Einbau von Rückstausicherungssystemen
- Stabilisierung von Tankanlagen
- Auftriebssicherung von baulichen Anlagen
- Technischer Hochwasserschutz

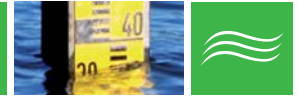
## Rückbau versiegelter Flächen



Diejenigen Bereiche eines Betriebsgeländes, die keine abflussresistenten asphaltierten Flächen voraussetzen (z.B. Parkplätze, Lagerflächen, wenig befahrene Verkehrsflächen), können entweder komplett entsiegelt oder mit einer wasserdurchlässigen Befestigung (z.B. Schotterrasen, Rasengittersteine oder Betonpflaster mit Dränfugen) versehen werden. Dadurch wird der Regenrückhalt in der Fläche verbessert und die Überflutungsgefahr bei Starkregen gesenkt. Auf Altlastenflächen und in Wasserschutzgebieten dürfen wasserdurchlässige Beläge nicht eingesetzt werden. Gleiches gilt für Flächen, bei denen es aufgrund ihrer Nutzung zu Schadstoffeinträgen in Boden und Grundwasser kommen kann. Ungeeignet sind außerdem Flächen mit sehr hohem Grundwasserstand, da die Wasseraufnahmekapazität dort zu gering ist.

Manche Kanalabgabensatzung bietet einen Anreiz, indem sie für den Rückbau versiegelter Flächen geringere Abwassergebühren in Rechnung stellt. Entsiegelungen von Flächen können außerdem als Maßnahme zur Eingriffsminderung im Rahmen der Eingriffsausgleich-Regelung angerechnet werden.

Wasserdurchlässige Flächen erwärmen sich in der Regel weniger als wasserdichte Befestigungen, die Hitzebelastung auf dem Betriebsgelände wird reduziert. Werden die Flächen begrünt, steigt durch die Verdunstungsprozesse außerdem die Luftfeuchtigkeit und das Mikroklima verbessert sich.



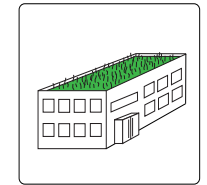
## Dachbegrünung

Auf begrüntem Dachflächen wird anfallendes Regenwasser zunächst im Bodensubstrat gespeichert und je nach Rückhaltedauer durch Verdunstungsprozesse bereits deutlich reduziert. Die über das Kanalnetz abzuführende Wassermenge ist geringer und kommt dort zeitverzögert an, wodurch das Überflutungsrisiko sinkt.

Die Speicherkapazität ist abhängig von der Gestaltung der Dachbegrünung (Substratart, -höhe, Pflanzenwahl, etc.) und wird maßgeblich von der Traglast der Gebäude und dem gewünschten Pflegeaufwand bestimmt. In der Regel kann auf Gewerbehallen nachträglich eine extensive Begrünung angelegt werden, die 40 bis 60 Prozent des jährlichen Niederschlags zurückhält. Eine intensive Begrünung mit noch besserer Speicherkapazität erfordert eine höhere Substratschicht, erzeugt somit mehr Gewicht und muss deshalb (u.a. bei der Ermittlung der zulässigen Schneelasten) meist schon bei der Planung der Gebäude berücksichtigt werden.

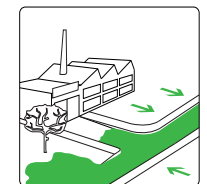
Auch die Anlage von Gründächern wird vielerorts gefördert und durch reduzierte Abwassergebühren unterstützt. Außerdem können Dachbegrünungen als Maßnahme im Rahmen der Eingriffsausgleich-Regelung angerechnet werden.

Gründächer besitzen darüber hinaus viele weitere positive Eigenschaften: Sie wirken dämmend, sowohl bei Hitze als auch bei Kälte. Die Dachhaut wird vor Witterungseinflüssen geschützt und dadurch verlängert sich deren Lebensdauer. Die Begrünung bindet Staub, filtert Luftverunreinigungen und verbessert die Luftfeuchtigkeit.



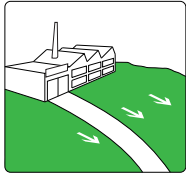
## Schaffung von Notwasserwegen

Im Falle eines Starkregens und einer daraus resultierenden Überlastung der Kanäle kann das überschüssige Regenwasser auf Notwasserwegen (in der Regel Straßen, die keine Hauptverbindungen darstellen) zwischengespeichert und ggf. in weniger empfindliche Bereiche abgeleitet werden. Um die Wasseraufnahmekapazität zu erhöhen, können die Wege und Straßen dafür mit V-förmigen Profilen oder erhöhten Bordsteinen ausgestaltet werden. Der seitliche Wasserabfluss und das Eindringen von Wasser in Gebäude kann dadurch vermieden oder zumindest reduziert werden. Als Zuleitung für die Notwasserwege können auf dem Gelände z.B. offene Gräben, Rasenmulden, Pflaster- oder Kastenrinnen angelegt werden. Eine raue Oberfläche und/oder eine geeignete Bepflanzung der Zuleitungswege steigert die Verdunstung und reduziert die abzuführende Wassermenge.





## Anpassung von Gelände- neigungen und Fließwegen

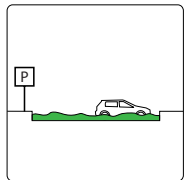


Durch die Berücksichtigung von Geländeneigungen und deren Auswirkungen auf den Wasserablauf können (insbesondere bei Neuplanungen) Nutzungen auf einem Betriebsgelände so angeordnet werden, dass die Gefahr durch zufließendes bzw. angestautes Niederschlagswasser möglichst gering gehalten wird. Gegebenenfalls kann es sogar möglich sein, gezielt auf der Gewerbefläche Geländeneigungen anzulegen oder abzuändern, um den Wasserablauf bei Starkregenereignissen zu optimieren.

Auch die Vermeidung bzw. Beseitigung von Hindernissen und Engstellen (z.B. Mauern, bauliche Anlagen etc.) an den gewünschten Ablaufwegen trägt zu einem schnellen Wasserablauf bei und die Rückstaugefahr wird reduziert. Die Zuläufe und Leitungen zu den vorhandenen Entwässerungssystemen sollten ausreichend bemessen werden und regelmäßig auf Abflusshindernisse (z.B. Laub, Geröll) überprüft werden.

Die Einflussnahme auf die Geländeneigung und auf Abflusswege auf einer Gewerbefläche kann allerdings zu einer Verschärfung der Gefährdungssituation für die umliegenden Nutzungen und Objekte führen, weshalb solche Maßnahmen immer sorgfältig geplant und mit den Nachbarbetrieben (insbesondere Unterliegern) abgestimmt werden sollten.

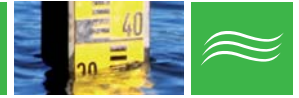
## Zwischenspeicherung auf Freiflächen



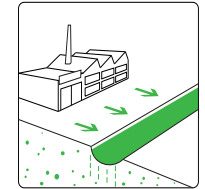
Bei dem Ansatz einer multifunktionalen Flächennutzung werden Freiflächen mit einer vorrangig anderen Nutzung (z.B. Parkplätze, Grünflächen, Lagerflächen, Straßen, etc.) im Ausnahmefall eines Starkregenereignisses für kurze Zeit gezielt geflutet, um dadurch Schäden von Gebäuden und Anlagen abzuwenden. Im Anschluss an ein Regenereignis wird das Wasser in das Kanalnetz abgeleitet.

Um das Wasser temporär auf den Flächen zu halten und ein seitliches Abfließen zu verhindern, sind diese mit erhöhten Rändern (Borde, Böschungen) zu versehen. Durch eine bewusste Tieferlegung von Parkplätzen oder sonstigen Freiflächen auf dem Betriebsgelände kann ein vergrößertes Speichervolumen geschaffen werden. Wird das Wasser bei der Zwischenspeicherung verunreinigt, muss es vor der Ableitung gefiltert werden.

Sofern keine oberflächigen Rückhaltemöglichkeiten vorhanden sind, kann das Wasser auch unterirdisch, z.B. in Stauraumkanälen, Zisternen oder Rigolen, gespeichert werden. Allerdings sind diese gegenüber oberirdischen Systemen mit einem höheren Investitions- und Unterhaltungsaufwand verbunden.



## Einrichtung von Versickerungsanlagen



Wo die natürlichen Gelände und Bodenverhältnisse es ermöglichen, wird unbelastetes Niederschlagswasser durch eine Versickerungs- bzw. Verrieselungsanlage dem Grundwasser zugeführt. Die Versickerung kann dabei breitflächig z.B. über Mulden, linienförmig über Rigolen oder punktuell über Sickerschächte erfolgen. Die Wahl der Versickerungsanlage ist abhängig vom Flächenangebot, der angeschlossenen Fläche, der Grundwasserhöhe, der Versickerungsfähigkeit des Bodens (kf-Wert) sowie der Qualität des Wassers.

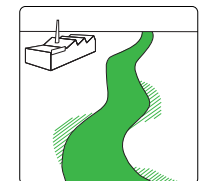
Der Boden muss für die Versickerung ausreichend durchlässig sein, deshalb eignen sich am besten sandige Böden. Eine Durchwurzelung der Böden steigert die Versickerungsleistung. Es muss darauf geachtet werden, dass durch die Versickerung keine Verunreinigungen, z.B. an nahegelegenen Kellerräumen, hervorgerufen werden. Landesrechtlich ist festgelegt, in welchen Fällen die Einrichtung einer Versickerungsanlage eine vorherige Erlaubnis erfordert.

Durch eine natürliche Versickerung auf dem Firmengelände können teure Abwassergebühren gespart werden. Gemäß vieler kommunaler Abwassersatzungen entfällt bei einer Versickerung für die angeschlossene Fläche die Niederschlagsgebühr.

Die meisten Umweltmanagementsysteme akzeptieren die Schaffung naturnaher Versickerungsflächen als Umweltmaßnahme im Rahmen einer Zertifizierung.

Weitere Informationen bietet z.B. das Arbeitsblatt 138 der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.

## Naturnahe Fließgewässer- gestaltung



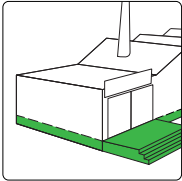
Ein Ausbau der an das Grundstück angrenzenden Fließgewässer und Auenbereiche sollte soweit wie möglich vermieden werden, da dies zu einem deutlichen Verlust der natürlichen Rückhaltefunktion führen kann.

Durch Begradigungen, Verrohrungen oder die Errichtung von Brücken werden die Fließgeschwindigkeiten erhöht bzw. kritische Engstellen geschaffen, welche Hochwassersituationen verschärfen können.

Es sollte daher vermehrt auf eine naturnahe Fließgewässergestaltung gesetzt werden, die sich durch einen offenen Verlauf sowie unverbaute und abwechslungsreiche Sohlen- und Uferbereiche mit standortgerechter Vegetation auszeichnet.

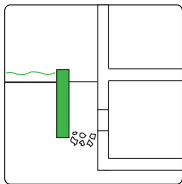


## Erhöhte Gebäudeanordnung



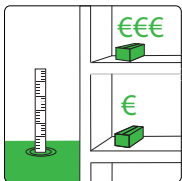
Eine Aufschüttung des Grundstücks bzw. des Baugrundes stellt bei Neubauten eine kostengünstige und wirksame Maßnahme dar. Durch eine Erhöhung der Erdgeschossesebene (z.B. durch Rampen etc.) oder die Gestaltung einer Hochparterre können die Gebäudeeingänge vor dem Eintritt von Oberflächenwasser geschützt werden. Dabei gilt es, die Anforderungen an die Barrierefreiheit zu berücksichtigen. Bei Hochparterrelösungen sind darüber hinaus die Gebäudeöffnungen zu den Kellerräumen entsprechend zu schützen.

## Sicherung von Gebäudeöffnungen



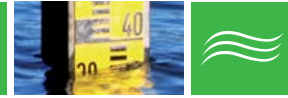
Verschiedene Vorkehrungen an den Gebäudeöffnungen tragen dazu bei, dass das Eindringen von Regenwasser in die Innenräume erschwert bzw. verhindert wird. Tür- und Fensterschwellen werden beispielsweise so ausgerichtet, dass Wasser bis zu einer bestimmten Stauhöhe nicht in das Gebäude laufen kann. Um die Barrierefreiheit zu gewährleisten können Rampen o.ä. zum Einsatz kommen. Auch Zugänge zu tieferliegenden Gebäudeteilen (z.B. Tiefgaragen und Kellerräume), können durch vorgelagerte Rampen oder einen Wall geschützt werden. Lichtschächte sollten nicht mit der Geländeoberfläche abschließen, sondern etwas erhöht gebaut werden. Zusätzlich können wasserdruckfeste Abdeckungen auf die Lichtschächte montiert werden. An den Kellerfenstern selbst kann mit druckwasserdichten Abschottungen gearbeitet werden.

## Angepasste Keller- und Erdgeschossgestaltung



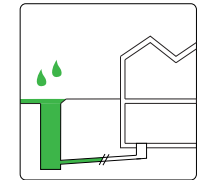
Empfindliche und hochwertige Objekte und Einrichtungen (z.B. Server) sollten nach Möglichkeit nicht im Keller oder Erdgeschoss untergebracht werden. Bis zu einem gewissen Wasserstand kann bei Überflutungen auch eine erhöhte Lagerung (z.B. auf Sockeln oder Stelzen) Schutz bieten. Vergleichbares gilt für Steckdosen, Stromverteiler, Sicherungskästen und elektrische Leitungen, die in Keller und EG so hoch wie möglich angebracht werden sollten. Die Stromkreisläufe sollten getrennt abschaltbar und gesichert sein.

Auch die Art der verwendeten Baumaterialien in den gefährdeten Gebäudebereichen wirkt sich auf das mögliche Schadenspotenzial aus, da sie durch Feuchtigkeit unterschiedlich stark beschädigt werden. Die Verwendung von wasserdichten Boden- und Wandbelägen verhindert das Eindringen von Feuchtigkeit und wirkt einer Schädigung der Bausubstanz entgegen. Auf den Einsatz von Holzbaustoffen sollte im Keller oder Erdgeschoss verzichtet werden.



## Einbau von Rückstausicherungssystemen

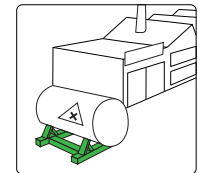
An Abflussleitungen und Gebäudeanschlüssen unterhalb der Rückstauenebene (meist gleichbedeutend mit dem Straßenniveau) sollte mit Hilfe von Rückstausicherungssystemen (z.B. Rückstauklappen, Absperrschieber oder Hebeanlagen) das Eindringen von Wasser aus der Kanalisation in die Gebäude verhindert werden. Außerhalb der Gebäude kann durch den Einsatz von Druckdeckeln oder Stahlzylinderaufsätzen ein Wasserüberlauf aus dem Kanalnetz auf das Grundstück vermieden werden.



Auch an den Stellen, an denen Leitungssysteme die Wände durchbrechen, kann Wasser eindringen, deshalb ist dabei auf eine wasserdichte Gestaltung dieser Öffnungen zu achten.

Weiterführende Informationen bietet z.B. die DIN 1986-100 „Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke“ sowie die DIN EN 12056-4 zur Planung und Bemessung von Abwasserhebeanlagen in Gebäuden.

## Stabilisierung von Tankanlagen



Tankanlagen sollten so installiert werden, dass es im Überflutungsfall nicht zu Beschädigungen kommt, die eine Verunreinigung des ober- und unterirdischen Wassers mit Öl oder Kraftstoffen zur Folge hätten. Die Anschlüsse und Öffnungen von Tanks (Einfüllstutzen, Belüftung) sind daher entsprechend gegen Auslaufen zu sichern. Die Konstruktion der Anlagen muss darüber hinaus dem Wasserdruck standhalten können und die Tanks sind nach Möglichkeit fest mit der Bodenplatte bzw. dem Fundament zu verankern, wenn diese statisch in der Lage dazu sind, die Auftriebskräfte auszugleichen. Ist eine Sicherung gegen Aufschwimmen nicht möglich, kann im Notfall durch die Auffüllung des Tanks mit Wasser die notwendige Stabilität erzeugt werden.

Auch andere bauliche Schutzmaßnahmen z.B. Prellwände können den Auftrieb von Tanks verhindern, in dem der Wasserdruck abgefangen wird. Mit einem Kunststoffschutzanstrich versehene Auffangwannen verhindern im Notfall, dass auslaufendes Öl in das Grundwasser gelangen kann.

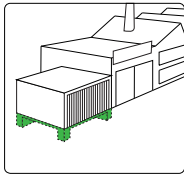
Bei Tankanlagen, die auf einem Zweistrangsystem beruhen, ist die Gefahr von Leckagen größer als bei solchen mit Einstrangsystem. Deshalb sollten diese Anlagen, nicht nur in Hinblick auf mögliche Überschwemmungen, auf ein Einstrangsystem umgerüstet werden.

In hochwassergefährdeten Gebieten sollte grundsätzlich auf Ölheizungstanks verzichtet werden.





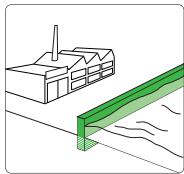
## Auftriebssicherung von baulichen Anlagen



Zur Vermeidung von Auftrieb und Unterspülungen der Gebäudefundamente sollten durch Wasserdruck gefährdete Bauten und Anlagen, hinsichtlich ihrer Standfestigkeit überprüft und bei Bedarf baulich angepasst werden. Falls eine nachträgliche bauliche Stabilisierung nicht möglich ist, sind ggf. Vorrichtungen vorzusehen, die im Notfall eine Flutung mit Frischwasser zur Gegendruckerzeugung ermöglichen. Durch diese Notfallmaßnahme kann ein Totschaden des Gebäudes aufgrund fehlender Stabilität verhindert werden. Beim Neubau in grundwassergefährdeten Bereichen kann die Gebäudehülle mittels wasserdichter Betonkonstruktionen oder mit Bitumenabdichtungen präventiv abgedichtet werden.

Technische Hinweise zur Bemessung und Ausführung von Abdichtungsmaßnahmen (innen/außen) gegenüber drückendem Grundwasser gibt die DIN 18195 (Bauwerksabdichtungen).

## Technischer Hochwasserschutz



In hochwassergefährdeten Gebieten in Gewässernähe können Gewerbeflächen durch stationäre Hochwasserschutzanlagen wie z.B. Erdämme, Mauern oder Spundwände gegen das Eindringen von Oberflächenwasser geschützt werden.

Vorhandene Anlagen des technischen Hochwasserschutzes, wie Deiche und Dämme, Schutzmauern und -wände sowie Hochwasservorhersagesysteme, müssen regelmäßig gewartet und auf ihre Funktionsfähigkeit geprüft werden. In Bezug auf die klimatischen Veränderungen sollte außerdem überprüft werden, ob sich eine veränderte Gefährdungslage ergibt und dadurch eventuell eine Anpassung der Anlagen erforderlich wird.

Technische Hochwasserschutzanlagen können nur in Hinblick auf ein bestimmtes Bemessungsereignis Schutz bieten, deshalb sollten parallel dazu immer weitere Vorsorgemaßnahmen ergriffen werden. Hierzu zählen insbesondere auch mobile bzw. teilmobile Schutzelemente, die in Abhängigkeit des zu erwartenden Hochwasserstandes eine sinnvolle Ergänzung der fest installierten Schutzelemente darstellen.

Es sollte nach Möglichkeit vermieden werden, dass der Bau von technischen Hochwasserschutzanlagen dazu führt, dass die natürlichen Überflutungsflächen verkleinert werden, da damit gesamt-räumlich betrachtet die Hochwassersituation (z.B. bei Unterliegern) verschärft wird.

## Notfallmanagement

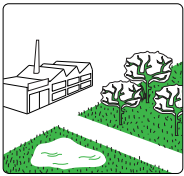
- Liegen Warnmeldungen vor, sollten temporäre Schutzsysteme aktiviert und auf bereitgestellte Hochwasserausrüstungen zurückgegriffen werden. Insbesondere die Gebäudeöffnungen sind (z.B. durch Sandsäcke oder andere mobile Hochwasserschutzelemente) zu schützen. Vorhandene Schieber oder Hochwasserschutztüren sollten rechtzeitig verschlossen werden.
- Gefährdete mobile Güter, z.B. Fahrzeuge oder wichtige Dokumente sowie gesundheits-, wasser- und umweltgefährdende Stoffe sollten aus den Gefahrenbereichen entfernt und möglichst an überschwemmungssichere Orte gebracht werden
- Elektrische Geräte sind vom Netz zu nehmen. Haupthähne für die Wasser- Gas- und Stromversorgung sollten abgedreht werden.
- Sobald Auftrieb oder Wasserdruck die Standsicherheit von Gebäuden und Anlagen gefährdet, empfiehlt sich zur Vermeidung von Folgeschäden eine gezielte teilweise Flutung des betroffenen Gebäudes mit Frischwasser zur Druckreduzierung.
- Eingegrungenes Wasser und Schlamm sollten möglichst schnell entfernt und die betroffenen Bereiche gelüftet und getrocknet werden. Keller sollten erst dann ausgepumpt werden, sobald der Pegel deutlich sinkt, damit das im Gebäude befindliche Wasser durch den Gegendruck Schäden am Gebäude verhindern kann.
- Der Gesamtverband Deutscher Versicherer hat im Leitfaden für Schutzkonzepte und Schutzmaßnahmen bei Industrie- und Gewerbeunternehmen einen Muster-Notfallplan für Überflutungsereignisse entwickelt, der eine nützliche Hilfestellung bieten kann.



**Baulich-räumliche Präventionsmaßnahmen**

- Anlage von Grün- und Wasserflächen
- Freihaltung von Kaltluftflächen
- Dach- und Fassadenbegrünung
- Einsatz von Materialien mit geringer Erwärmung
- Errichtung von Verschattungselementen
- abwärmebetriebene Kühlsysteme
- Gebäudedämmung

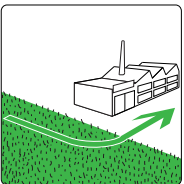
**Anlage von Grün- und Wasserflächen**



Grün- und Wasserflächen auf dem Betriebsgelände wirken sich (im Gegensatz zu versiegelten Flächen) durch die Verdunstungskälte regulierend auf die Umgebungstemperatur aus. Bewegte Wasserflächen, wie z.B. Brunnen, erzielen dabei größere Effekte als stehende Gewässer. Ist die Anlage von Grünflächen auf dem Betriebsgrundstück nicht möglich, sollte versucht werden, die Versiegelung auf ein nötiges Maß zu begrenzen (z.B. durch den Einsatz von Rasengittersteinen).

Grün- und Wasserflächen auf dem Betriebsgelände bieten gleichzeitig attraktive Aufenthalts- und Erholungsflächen, die sich insbesondere bei Hitzestress positiv auf das Befinden der Mitarbeiter auswirken können. Die sensorische Wahrnehmung von Grün- und Wasserflächen, beispielsweise über visuelle Eindrücke, Gerüche und Geräusche, mindern Stress und Gereiztheit, die bei Hitze vermehrt auftreten.

**Freihaltung von Kaltluftflächen**



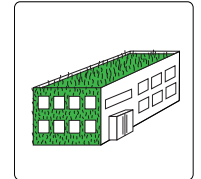
Kaltluftschneisen und Kaltluftentstehungsgebiete (insb. Feld- und Wiesenflächen) besitzen eine wichtige Ausgleichsfunktion für das Stadtklima und sollten deshalb so weit wie möglich von Bebauung freigehalten werden. Dieser Aspekt ist bestenfalls bereits bei der Planung von Gewerbegrundstücken zu berücksichtigen.

Insbesondere Hänge entlang von Kaltluftbahnen sollten von hangparalleler Bebauung freigehalten werden. Ist eine Bebauung dieser Bereiche nicht zu vermeiden, sollte sie auf ein Minimum beschränkt bleiben. Außerdem sollten die Gebäude, Mauern etc. so ausgerichtet werden, dass ein Luftaustausch weiterhin ermöglicht wird. Dabei empfiehlt sich eine frühzeitige Abstimmung mit Nachbarbetrieben. Durch eine sinnvolle Vernetzung kaltluftproduzierender Flächen auf der Ebene des gesamten Gewerbegebietes bzw. Stadtbereiches kann deren Wirksamkeit verstärkt werden.



**Dach- & Fassadenbegrünung**

Durch Begrünung von Dächern und Fassaden kann die Aufheizung der Gebäudeoberfläche und der dahinterliegenden Räume deutlich vermindert werden. Das Blattwerk der Pflanzen wirft Schatten und reflektiert die Sonneneinstrahlung. Zudem sorgen die Verdunstungsprozesse der Pflanzen für Abkühlung. Der Temperaturunterschied zu Dächern mit dunklen Dachbahnen kann mehr als 40°C ausmachen.

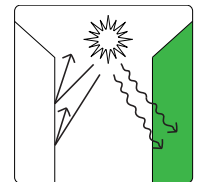


Dach- und Fassadenbegrünungen erzeugen daneben vielfältige Synergien. Sie gelten als temperaturträge Bauteile, d.h. Temperaturunterschiede zwischen Innen- und Außenraum werden nur sehr langsam übertragen. Im Winter wirkt sich die Begrünung dadurch auch positiv auf die Wärmedämmung aus. Außerdem bietet die Begrünung einen Schutz für die Gebäudehülle, z.B. bei Sturm oder Hagelereignissen. Nicht zuletzt tragen Dachbegrünungen zum Regenwasserrückhalt bei.

Vor der Nachrüstung von Betriebsgebäuden mit Dachbegrünungen sind die statischen Verhältnisse zu prüfen. Weiterführende Informationen zu Dachbegrünungen sind z.B. auf der Internetseite der Fachvereinigung Bauwerksbegrünungen ([www.fbb.de](http://www.fbb.de)) zu finden.

**Einsatz von Materialien mit geringer Erwärmung**

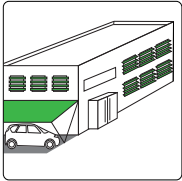
Bei der Gestaltung von Gebäudeoberflächen und versiegelten Grundstücken sollten gezielt Materialien verwendet werden, die einer starken Aufheizung des Betriebsgeländes entgegenwirken.



Baumaterialien unterscheiden sich darin, wie sehr sie sich bei Sonneneinstrahlung erhitzen und wie hoch ihr Wärmeumsatz ist. Die Reflektionsleistung (Albedo) von Baumaterialien ist dabei abhängig von ihrer Helligkeit. Je höher der Albedowert, d.h. je mehr Strahlung reflektiert wird, desto weniger heizen sich die Materialien auf, da nur die nicht-reflektierten Strahlen als Wärme gespeichert werden. Daraus folgt: helle Oberflächenmaterialien (z.B. Beton) reflektieren die Sonneneinstrahlung wesentlich besser als dunkle und bleiben dadurch kühler.

Materialien mit hohem Wärmeumsatz, die sich tagsüber stark erhitzen und diese Wärme dann nachts an die Umgebung abstrahlen, reduzieren die nächtliche Abkühlung der Lufttemperatur und dadurch steigt die Hitzebelastung. Zu solchen Materialien zählen beispielweise Glas und Stahl. Natürliche Baumaterialien, wie z.B. Holz, haben hingegen einen niedrigen Wärmeumsatz.

### Errichtung von Verschattungselementen

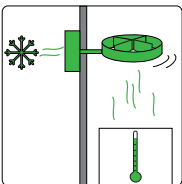


Schattenspendende Elemente bieten eine Möglichkeit, das übermäßige Aufheizen der Betriebsgebäude sowie der Aufenthalts- und Lagerflächen zu vermeiden. Eine Verschattung kann auch bei wichtigen Abschnitten von hitzeempfindlichen Versorgungsnetzen (z.B. Wasserversorgung, asphaltierte Zufahrten) sinnvoll sein. Gebäudeöffnungen sind so zu gestalten und zu verschatten, dass eine ausreichende Tageslichtversorgung gewährleistet ist und gleichzeitig störende Blendungen sowie übermäßige Erwärmungen im Innenraum vermieden werden.

Für die Verschattung kann auf Pflanzen (z.B. Bäume mit breiten Kronen, hohe Hecken) oder auf bauliche Elemente (z.B. Überstände, Arkaden, Sonnensegel, Jalousien, Rollos, Schutzdächer, sonnenstandsregulierte Photovoltaikanlagen) zurückgegriffen werden.

Die Anfälligkeit gegenüber Sturm- und Hagelschäden sollte bei der Auswahl der Verschattungselemente mit bedacht werden. Ebenso der Umstand, dass eine Verschattung die passive und aktive Nutzung von Sonnenenergie einschränken kann.

### Abwärmebetriebene Kühlsysteme

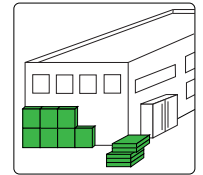


In vielen Betrieben fällt bei Produktionsprozessen Abwärme an, die genutzt werden kann, um die Gebäude zu kühlen und zu klimatisieren sowie mit thermisch angetriebenen Kältemaschinen Prozesskälte zu erzeugen. Die Nutzung von Wärme zum Kühlen stellt eine Alternative zu konventionellen Klimaanlage dar, bei der Kältemittel wie FCKW und FKW vermieden sowie die CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Stromeinsparung entscheidend verringert werden können. Neben der Umweltentlastung können durch die Entwicklung eines betrieblichen Abwärmenutzungskonzeptes in teilweise erheblichem Maße Energiekosten eingespart werden.

Es steht eine Vielzahl geschlossener (wie Ad- und Absorptionskältemaschinen) und offener Systeme (Kühl- und Entfeuchtungsverfahren) mit unterschiedlichen Temperaturspektren zur Verfügung, welche die überschüssige Wärme dazu nutzen, sorptionsgestützte Kälteanlagen zu betreiben.

Da die genutzte Wärme als „Abfallprodukt“ vorliegt und die Anlagen wenig wartungsintensiv sind, fallen die Betriebskosten günstig aus. Dagegen abzuwägen sind der Anschaffungspreis und der relativ hohe Platzbedarf für manche Anlagen (insb. Adsorptionskältemaschinen). Kompaktere, kostengünstigere Anlagen, die auch bei kleineren Betrieben eingesetzt werden können, befinden sich derzeit in der Entwicklung.

### Dämmung der Gebäudehülle



Durch Maßnahmen zur Wärmedämmung kann die betriebliche Energieeffizienz erhöht und Energiekosten gesenkt werden. Mittels der Dämmung von Wand- und Dachflächen wird die Aufheizung von Gebäuden bei hohen Außentemperaturen reduziert. Durch eine effiziente Wärmedämmung (z.B. mit Polyurethan) wird der Wärmedurchgang in den heißen Stunden begrenzt und somit die Aufheizung der Produktionsräume, Lager oder Büros verringert. Dämmstoffe mit einer hohen Wärmespeicherzahl erzielen dabei die besten Effekte. Die Wärmespeicherzahl bzw. der Wärmedurchgangskoeffizient gibt Auskunft darüber, wie lange es dauert bis die Wärme von der Außenseite der Dämmung an die Innenseite gewandert ist.

Informationen zu den Eigenschaften von Dämmstoffen liefert z.B. die im Internet verfügbare Broschüre „Schutz vor Kälte und Hitze - Dämmstoffe im Vergleich“ der EnergieAgentur.NRW.

### Notfallmanagement

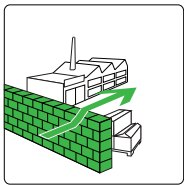
- Arbeitgeber sind durch die Arbeitsstättenregel ASR 3.5 verpflichtet, gesundheitliche Gefährdung durch Hitzebelastung möglichst zu vermeiden. Steigen die Temperaturen über 26°C Innentemperatur, sollten wirksame Maßnahmen ergriffen werden (Ab einer Innenraumtemperatur von über 30°C sind Arbeitgeber dazu verpflichtet, ab 35°C Innentemperatur ist ein Raum nicht mehr als Arbeitsplatz nutzbar). Neben den baulichen Maßnahmen kommen beispielsweise eine Anpassung der Arbeits- und Pausenzeiten, eine Lockerung der Bekleidungsvorschriften, das Bereitstellen von Getränken und gezielte Lüftungsmaßnahmen in den kühlen Nacht- und Morgenstunden in Betracht.
- Geräte, die im Betrieb Wärme abstrahlen, sollten nach Möglichkeit bei Hitzeereignissen weniger genutzt werden und sich nicht in Aufenthaltsräumen befinden.
- Die Mitarbeiter sollten über Verhaltensempfehlungen bei Hitzeereignissen sowie über Notfallmaßnahmen bei Hitzeerkrankungen informiert werden. Nähere Informationen sind z.B. auf der Internetseite der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin ([www.baua.de](http://www.baua.de)) erhältlich.
- Eine regelmäßige Bewässerung von Aussenanlagen und Grünflächen bei Hitzewellen fördert die Verdunstung. Pflanzen sollten dabei im Abstand von mehreren Tagen, dafür aber intensiv gewässert werden. Dadurch gelangt das Wasser in tiefere Bodenschichten und kann verdunsten. Diese Art der Bewässerung ist für die Pflanzen verträglicher.



**Baulich-räumliche Präventionsmaßnahmen**

- Errichtung von Schutzhecken oder Schutzwänden
- Reduzierung der Windwurfgefahr
- Windgerechte Gebäudeausrichtung und Aufteilung der Grundstücksflächen
- Windgerechte Dachgestaltung
- Windgerechte Fassadengestaltung
- Vermeidung und Sicherung schwingungsanfälliger Anlagen und Aufbauten

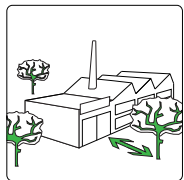
**Errichtung von Schutzhecken oder -wänden**



Um windempfindliche Flächen und bauliche Anlagen auf dem Betriebsgelände kleinflächig gezielt zu schützen, werden an exponierten Stellen Windschutzelemente wie Schutzwände errichtet oder Hecken gepflanzt. Um ihre Funktion zu erfüllen, müssen derartige Windschutzanlagen im rechten Winkel zur Hauptwindrichtung ausgerichtet sein und so stabil angelegt werden, dass von ihnen bei starkem Wind keine zusätzliche Gefahr durch Windwurf ausgeht.

Windschutzanlagen können auch dazu dienen, kalte Luftströme von frostempfindlichen Produkten und Gerätschaften fernzuhalten. Da die Windschutzelemente die Durchlüftung unterbrechen, kann in den windgeschützten Bereichen allerdings die Hitzebelastung ansteigen.

**Reduzierung der Windwurfgefahr**



Die Freihaltung windwurfgefährdeter Bereiche auf dem Betriebsgelände schützt empfindliche Nutzungen, wie Gebäude, Lagerstätten, Fahrzeuge, etc. vor Beschädigungen.

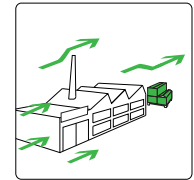
Außerdem lässt sich das Windwurfrisiko reduzieren, wenn Bäume, die sich auf oder nahe am Betriebsgelände befinden, regelmäßig auf schadhafte Äste und ihre Standfestigkeit untersucht werden. Dabei sollte unter anderem geprüft werden, ob Verletzungen oder Krankheiten an den Bäumen zu erkennen sind. Abgestorbene und beschädigte Äste sollten entfernt werden.

Bereits gehobenes Wurzelwerk oder eine starke Schiefelage deuten auf mangelnde Standsicherheit hin. Nicht als sturmsicher eingestufte Bäume können entweder stabilisiert oder vorsorglich entfernt werden (sofern sie nicht durch eine gemeindliche Satzung gesichert sind).



**Windgerechte Gebäudeausrichtung und Aufteilung der Grundstücksflächen**

Bei der Errichtung von Betriebsgebäuden kann durch eine windgerechte Ausrichtung der Gebäude längs zur Hauptwindrichtung (in Deutschland vorwiegend Westwind) die Windlast reduziert werden. Dies gilt insbesondere für besonders gefährdete Einzelbauten, die aus der geschlossenen Bebauung herausragen (z.B. Hochlager) sowie für einzelstehende Bauwerke. An den windexponierten Seiten sollten zudem Gebäudeöffnungen (z.B. offenstehende Tore etc.) weitestgehend vermieden werden.



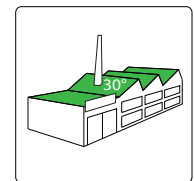
Wird bei der Anordnung der Gebäude zusätzlich ein Sicherheitsabstand zu potenziellen Auslösern von Windwurf eingehalten (Bäume, Leichtbauten, Nachbargebäude), lässt sich außerdem das Aufprallrisiko minimieren.

Die Gebäudeorientierung in Hauptwindrichtung fördert darüber hinaus die Kaltluftzufuhr und die Durchlüftung des Betriebsgeländes. Bei der Ausrichtung der Gebäude müssen die planungsrechtlichen Vorgaben eines Bebauungsplans berücksichtigt werden.

Lagerplätze mit sensiblen, gefährdeten Objekten sollten hinsichtlich der Hauptwindrichtung im Schatten des Gebäudes eingerichtet werden. Auch hier empfiehlt sich ein Sicherheitsabstand, da so die Gefahr durch herabfallende Gebäudeteile reduziert wird.

**Windgerechte Dachgestaltung**

Durch eine aerodynamisch günstige Dachform und Dachdeckung kann die Anfälligkeit eines Betriebsgebäudes gegen Sturmschäden reduziert werden. Bei geneigten Dächern gilt ein Neigungswinkel von etwa 30° als optimal, da Winddruck und Windsog dabei ausgleichend auf das Dach einwirken. Bei weniger bzw. stärker geneigten Dächern ist sicherzustellen, dass die Deckbeläge durch Befestigungen (z.B. Sturmklammern) und ausreichendes Eigengewicht gegen Windsog bzw. -druck gesichert sind. Gleiches gilt für die Eck- und Randbereiche von Flachdachflächen, da hier der Wind verwirbelt wird und dadurch besonders hohe Belastungen auftreten. Sofern diese Dachabschlüsse sorgfältig ausgeführt sind, bilden Flachdächer eine sehr sturmsichere Dachform.

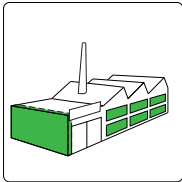


Vordächer und Unterstände müssen besonders stabil gebaut werden und sollten möglichst klein dimensioniert werden, da auf sie sowohl Winddruck, als auch Windsog einwirkt.

Weitere Informationen sind in der DIN 1055 (Windlasten) verfügbar.



### Windgerechte Fassadengestaltung

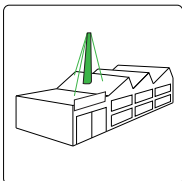


Abstehende Fassadenelemente, Türen und Fensterflächen sowie Verkleidungen, bei denen ein Zwischenraum zur Gebäudewand vorhanden ist, sind sowohl durch Winddruck- als auch Windsogkräfte gefährdet und müssen deshalb entsprechend windstabil befestigt werden.

Bei hinterlüfteten Fassaden wirken diese Kräfte besonders stark an den Gebäudekanten. Die Eckbereiche sind deshalb nach Möglichkeit geschlossen zu gestalten, so dass dort keine Zwischenräume entstehen. Verschlüsse von Türen, Toren und Fenstern sollten nach Möglichkeit von außen angebracht werden, damit sie bei Sturm nicht nach innen eingedrückt werden können. Bewegliche Fassadenelemente, wie Rollos, Markisen, etc., sollten bei starkem Wind manuell oder automatisch (mittels Windsensoren) eingezogen werden.

Auch die Materialwahl bestimmt darüber, wie stark aufprallende Gegenstände eine Fassade beschädigen können. Deshalb sind bei der Gestaltung von windausgesetzten Fassaden- und Dachflächen schlag- und bruchresistente Materialien zu verwenden. Auf empfindliche Kunststoff-, Metall- und Medienfassaden sollte an durch Windwurf gefährdeten Standorten weitgehend verzichtet und auf Materialien mit einer höheren Widerstandsklasse zurückgegriffen werden.

### Vermeidung und Sicherung schwingungsanfälliger Anlagen und Aufbauten



Anlagen und Aufbauten, die über die Umgebung hinausragen (Masten, Kamine, Antennen, Photovoltaik, Traglufthallen etc.) und dazu eine schmale Form haben, sollten deshalb entweder rückgebaut, vermieden oder zusätzlich gesichert werden. Derartige bauliche Anlagen sind bei Wind besonders starken Belastungen ausgesetzt. Sie erzeugen Luftverwirbelungen und somit Druck- und Sogwirkungen auf sich selbst und ihre nahe Umgebung. Dadurch können sie in Schwingung geraten und beschädigt oder aus ihren Verankerungen gerissen werden und in der Umgebung zu Schäden führen.

Zur Sicherung können z.B. Abspannungen oder Verankerungen zum Einsatz kommen, die korrosionsbeständig sein müssen und regelmäßig auf ihre Funktionsfähigkeit zu überprüfen sind. Bei Dachaufbauten ist der Dachbereich mit Durchdringungen wegen der bei Wind zu erwartenden Bewegung flexibel abzudichten.

### Notfallmanagement

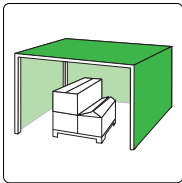
- Im Falle einer Sturmwarnung sollten Fenster, Türen und andere Gebäudeöffnungen geschlossen, Rollos und Markisen hochgezogen und lose Güter auf dem Gelände befestigt oder entfernt werden. Auch Leichtkonstruktionen (Zelte, Baugerüste etc.) bzw. Objekte an/auf Gebäuden sollten ausreichend befestigt oder gegebenenfalls temporär entfernt werden.
- Personen sollten sich in stabilen Gebäuden in Sicherheit bringen.
- Für den Fall von Stromausfällen sollte eine Notbeleuchtung bzw. eine Notstromversorgung für empfindliche Bereiche bereitgehalten werden.
- Da Sturm häufig mit starken Regenfällen einhergeht, sind auch hierfür die entsprechenden Vorkehrungen zu treffen (Abläufe reinigen, Rückstausicherungen etc.).
- Nach einem starken Windereignis sollte das gesamte Betriebsgelände auf Schäden untersucht werden. Objekte, die durch den Wind gelockert oder beschädigt wurden, können absturzgefährdet sein.
- Schäden an Dächern und Fassaden können zum Eindringen von Wasser führen und schwere Folgeschäden hervorrufen. Diese Bereiche sollten notdürftig abgedeckt werden.



## Baulich-räumliche Präventionsmaßnahmen

- Ausbau und Freihaltung der Ableitungssysteme
- Widerstandsfähige Dach- und Fassadengestaltung
- Errichtung von Hagelschutzelementen
- Verstärkung der Dachkonstruktion

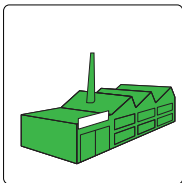
## Errichtung von Hagelschutzelementen



Zum Schutz schlagempfindlicher Güter (Produkte, Fahrzeuge etc.) vor Hagelschäden sollten an Gebäuden oder auf Lagerflächen Abfangelemente errichtet werden, z.B. in Form von Schutzdächern, Gittern oder Netzen. Hierzu steht eine Vielzahl unterschiedlicher Systeme zur Verfügung. Fassaden lassen sich mit Dachüberständen oder Begrünungsmaßnahmen vor Hagelschlag schützen. Bei Flachdächern bieten Kies und Dachbegrünungen Schutz vor Beschädigungen. In hagelgefährdeten Regionen können Photovoltaikanlagen mit besonders bruchsicherem Schutzglas verwendet werden.

Bei einer nachträglichen Anbringung von Schutzelementen ist zu beachten, dass dadurch die statische Belastungsfähigkeit des Daches gegenüber Schnee und Wasser verringert werden kann. Hagelschutzdächer auf freien Flächen sowie Dachüberstände sollten zudem besonders gegenüber Wind gesichert werden.

## Widerstandsfähige Dach- und Fassadengestaltung



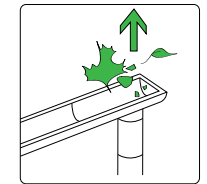
Bei Hagelereignissen können Dach- und Fassadenelemente optische und funktionelle Schäden davontragen. Deshalb sind bei der Gestaltung von exponierten Fassaden- und Dachflächen schlag- und bruchsichere Materialien zu verwenden. Vertikale Verkleidungen sind grundsätzlich unempfindlicher gegenüber Hagelschlag als horizontale. Auf empfindliche Kunststoff-, Metall- und Medienfassaden sollte an hagelgefährdeten Standorten weitgehend verzichtet und auf Materialien mit einer höheren Widerstandsklasse zurückgegriffen werden. Der Hagelwiderstand steigt im Allgemeinen mit zunehmender Materialfestigkeit und -stärke.

Hagelbeständige Materialien bieten den Vorteil, dass sie auch den Schutz vor anderen aufprallenden Gegenständen verbessern, z.B. bei Sturmereignissen. Sind einzelne Dach- und Fassadenelemente gegenüber Hagel besonders empfindlich, sollte darauf geachtet werden, dass im Schadensfall eine Reparatur vor Ort bzw. ein einfacher Austausch dieser Elemente ohne zu großen Aufwand möglich ist. Hinweise zur Hagelwiderstandsfähigkeit verschiedener Baumaterialien finden sich auf der website des Schweizer Elementarschutzregisters Hagel ([www.praeventionsstiftung.ch](http://www.praeventionsstiftung.ch)).



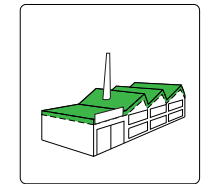
## Ausbau und Freihaltung der Ableitungssysteme

Entwässerungssysteme können durch Hagelkörner, abgeschlagene Äste und Laub bei Hagelereignissen verstopfen und dadurch Schäden durch rückgestautes Wasser verursachen. Vorhandene Ableitungssysteme (z.B. Dach- und Hofeinfälle) sind deshalb regelmäßig zu warten und reinigen. Die Abläufe sollten dafür gut zugänglich sein. Es wird empfohlen auch bei kleinen Dachflächen zwei Wasserabläufe vorzusehen. Durch die Verwendung von Siebaufsätzen kann Verstopfungen innerhalb der Leitungssysteme vorgebeugt werden. Eine großzügige Dimensionierung der Entwässerungsleitungen verringert ebenfalls die Rückstau- und Verstopfungsgefahr. Ein schneller Wasserablauf kann allerdings die Kanalnetze bei starken Regenereignissen zusätzlich belasten und dadurch wiederum Überschwemmungen begünstigen.



## Verstärkung der Dachkonstruktion

Bei dem Neubau eines Betriebsgebäudes sollte darauf geachtet werden, dass die Dachkonstruktionen unter Berücksichtigung der Klimaprognosen über eine ausreichende Bemessung und Neigung verfügen, um anfallende Lasten durch Hagel (sowie Regen, Schnee und Sturm) standhalten zu können. Zur Bemessung der Konstruktion bilden u.a. DIN-Norm 1055, die Dachneigung und die Höhenlage hilfreiche Parameter.



Bestehende Dachflächen können bei Bedarf z.B. durch Balken, die Verstärkung von Unterzügen oder durch zusätzliche Verankerungen nachgerüstet werden, um höheren Lasten stand zu halten. Da die Dachverstärkungen das Gewicht der Dachkonstruktion erhöhen können, muss vorab die statische Tragfähigkeit der unterliegenden Bauteile überprüft werden.

## Notfallmanagement

- Beim Aufziehen eines Hagelzuges sollten alle Gebäudeöffnungen frühzeitig geschlossen werden.
- Ist die Gefahr eines Hagelschlages absehbar, sollten möglichst alle empfindlichen Objekte an einen hagelsicheren Standort verlagert werden. Lassen die Räumlichkeiten dies nicht zu, können entsprechende Schutzvorrichtungen, wie z.B. Folien, bereitgehalten werden, mit denen die Objekte im Notfall abgedeckt werden können. Rolläden sind hochzuziehen, da ihre Anfälligkeit wesentlich höher ist, als die von modernen Glasscheiben.
- Nach einem Hagelereignis sollten die Abläufe der Entwässerungssysteme (Dächer, Höfe, etc.) von Hagelkörnern, Ästen und Blättern befreit werden, um Überflutungen zu vermeiden.

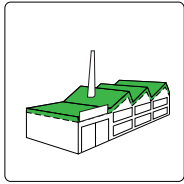
## SCHNEELAST



### Baulich-räumliche Präventionsmaßnahmen

- Verstärkung der Tragkonstruktionen
- Schneefangvorrichtungen gegen Schneerutsch
- Schneelastsensoren
- Steiganlagen zur Dachräumung

### Verstärkung der Tragkonstruktion



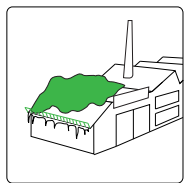
Beim Neubau von Betriebsgebäuden sollte darauf geachtet werden, dass die Dachkonstruktionen unter Berücksichtigung der Klimaprognosen über eine ausreichende Bemessung und Neigung verfügen, um anfallende Lasten durch Schnee (sowie Regen, Hagel und Sturm) standhalten zu können.

Bestehende Dachflächen können bei Bedarf z.B. durch weitere Balken, die Verstärkung von Unterzügen oder durch zusätzliche Verankerungen nachgerüstet werden, um höheren Lasten standhalten zu können. Da die Dachverstärkungen das Gewicht der Dachkonstruktion erhöhen können, muss vorab die statische Tragfähigkeit der unterliegenden Bauteile überprüft werden.

Die Dachkonstruktion ist regelmäßig auf ihre Tragfähigkeit und Dichtheit zu überprüfen. Hierzu muss die Zugänglichkeit der zu untersuchenden Flächen bei hohen Schneehöhen gewährleistet sein (siehe Steiganlagen, S. 61)

Zur Bemessung der Konstruktion von Tragwerken für unterschiedliche Dachlasten bietet die DIN-Norm 1055-5 zur Einwirkung von Schnee- und Eislasten hilfreiche Ansatzpunkte.

### Schneefangvorrichtungen gegen Schneerutsch



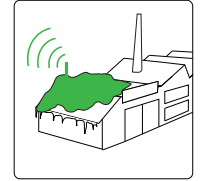
Zur Vermeidung von Dachlawinen werden bei Dachneigungen ab 25° Schneefangvorrichtungen auf dem Dach empfohlen, die ein Abrutschen von Schneemassen verhindern. Zu schützende Bereiche stellen dabei insbesondere Ein- und Ausgänge, sowie Notausgänge, Verkehrswege und Lagerstätten von empfindlichen Gütern dar.

Es können unterschiedliche Schneefangvorrichtungen zum Einsatz kommen. Schneegitter und Schneebalken verhindern an der Dachtraufe ein Abrutschen der Schneemassen. Da an diesen Stellen der Schnee gestaut und dadurch die Schneelast erhöht wird, muss die Statik der Dachkonstruktion darauf ausgerichtet sein. Schneestopper bzw. Schneehaken werden auf der gesamten Dachfläche angebracht und bieten den Vorteil, dass sich die Schneelast dadurch gleichmäßig verteilt.



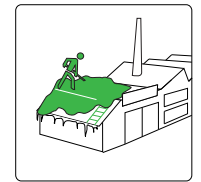
### Schneelastsensoren

Schneelastsensoren ermitteln punktuell die aktuelle Schneelast und warnen, wenn die zulässige Lastgrenze für das Gebäude bald erreicht ist. Dadurch kann eine kontinuierliche Überwachung der Schneelast erfolgen. Die Sensoren werden an verschiedenen Stellen auf oder innerhalb der Dachkonstruktion installiert und können auch bei bestehenden Gebäuden nachgerüstet werden. Zum Einsatz kommen können diese Warnsysteme bei flachen oder wenig geneigten Dächern. Die Installation solcher Systeme ist meist mit wenig Aufwand verbunden und relativ kostengünstig. Einige dieser Sensorsysteme können außerdem die Staulast von Wasser messen.



### Steiganlagen zur Dachschneeräumung

Auf den Dachflächen installierte Laufstege, Einzeltrittflächen und Leitern aus korrosionsbeständigen Materialien, sorgen nicht nur für eine bessere Zugänglichkeit der Dachflächen bei Wartungsarbeiten, sie können auch die Dachschneeräumung erleichtern und sicherer machen. Das gilt insbesondere für Dachflächen, die aufgrund ihrer Konstruktion oder Oberflächengestaltung nur schlecht oder gar nicht zum Betreten geeignet sind. Bei der Installation und Anordnung solcher Anlagen sollte deshalb der Aspekt der Schneeräumung mit berücksichtigt werden.



### Notfallmanagement

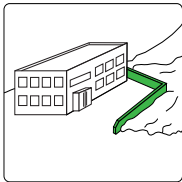
- Besteht Einsturzgefahr oder drohen Dachlawinen sollte überprüft werden, ob eine Räumung der Anlagen möglich ist.
- Wie hoch die aktuelle Schneelast ist, kann z.B. durch Probenahmen ermittelt werden. Dabei ist nicht die Schneehöhe, sondern die Beschaffenheit des Schnees maßgeblich. Nasser und/oder vereister Schnee ist wesentlich schwerer als Pulverschnee.
- Die Dachschneeräumung ist mit Gefahren verbunden und sollte deshalb nur unter Berücksichtigung verschiedener Vorsichtsmaßnahmen durchgeführt werden. Insbesondere die Dachschneeräumung erfordert eine Einweisung des Personals, um auf Gefahren hinzuweisen und ein sicheres Arbeiten zu ermöglichen. Im Zweifelsfall sind immer Fachleute hinzuzuziehen.
- Bei Einsturzgefahr sind Arbeitsstätten frühzeitig zu räumen.
- Schneelastempfindliche Güter sollten vom Außen- in den Innenraum verlagert werden.
- Die Zuläufe von den Entwässerungssystemen sollten von Verschmutzungen freigehalten werden, damit das Tauwasser ungehindert abfließen kann.



## Baulich-räumliche Präventionsmaßnahmen

- Errichtung von Abfang- und Umleitungsbauwerken
- Anpassung/Verlagerung der Außennutzungen
- Erhöhte Gebäudeanordnung
- Anlage elastischer Ver- und Entsorgungssysteme
- Stabilisierung des Unterbodens und von Abhängen
- Reduzierung des Hangwasserspiegels
- Schutz von Gebäudeöffnungen
- Verstärkung der Außenwände
- Verstärkung der Dachkonstruktionen

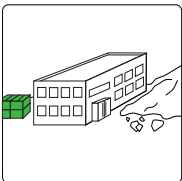
### Errichtung von Abfang- und Umleitungsbauwerken



Durch Abfangbauten, wie z.B. Fangdämme oder Drahtseilnetze, können Massenbewegungen gebremst bzw. Steinschläge aufgefangen werden, bevor sie auf zu schützende Anlagen und Gebäude treffen. Die heutigen Fangsysteme können Sturzenergien bis zu 3000 kJ aufnehmen. Beim Einsatz von Abfangbauten muss genügend Platz vorhanden sein, um das abgefangene Volumen aufnehmen zu können. Insbesondere Fangdämme haben durch ihre Bauweise einen großen Flächenbedarf. Bei Lawinen können unter Umständen auch Baumreihen Schutz bieten.

Eine Alternative zu Abfangbauten kann die Einrichtung von Umleitungsbauwerken darstellen. Durch Anschüttungen oder Vorbauten (z.B. Spaltkeile) vor dem zu schützenden Betriebsgebäude, ist es möglich, die ankommenden Massen an dem Gebäude vorbeizuleiten. Durch eine Ablenkung der Massen kann sich allerdings die Gefährdungslage für umliegende Objekte erhöhen. Deshalb muss die Errichtung von Umleitungsbauwerken mit den angrenzenden Nutzungen und mit den Nachbarbetrieben abgestimmt werden.

### Anpassung/Verlagerung von Außennutzungen

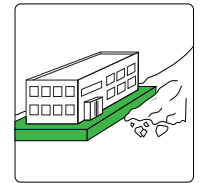


Sind im Aussenbereich empfindliche Güter gelagert bzw. befinden sich dort häufig genutzte Arbeits- und Aufenthaltsbereiche, empfiehlt es sich, diese in den hangabgewandten, durch Gebäude geschützten Bereichen anzuordnen. Die Gebäude können dann als Barriere dienen und die anströmenden Massen um die zu schützenden Bereiche herumlenken und somit einen direkten Aufprall verhindern. Da durch eine Verlagerung der Nutzung an die hangabgewandte Seite der Gebäude evtl. die Exposition gegenüber Sturm und Hagelschlag zunehmen kann, sollte die Nutzungsanordnung unter Berücksichtigung der örtlichen Gefährdungslage abgewogen werden.



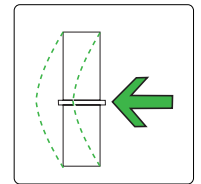
### Erhöhte Gebäudeanordnung

Durch die erhöhte Errichtung von Gebäuden auf künstlichen Aufschüttungen lassen sich die Gebäude vor kleineren und mittleren Abgängen schützen, da sich die Massen seitlich an der Erhöhung vorbeibewegen können. Die unmittelbar gefährdete Außenwandfläche verringert sich durch diese Maßnahme.



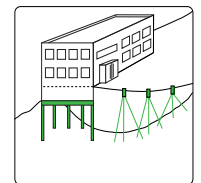
Die Aufschüttung muss dabei vor Erosion geschützt werden und so stabil sein, dass sie bei Abgängen nicht mitgerissen werden kann. Bei der Errichtung sollte auf eine landschaftliche Einfügung in das Terrain geachtet werden. Die erhöhte Gebäudeanordnung gilt bei Neubauten als besonders kostengünstig und wirksam.

### Anlage elastischer Ver- und Entsorgungssysteme



Rohrleitungssysteme können durch Massenbewegungen und die damit verbundenen Verschiebungen und Absenkungen zerstört werden. An gefährdeten Standorten ist es möglich, Rohrleitungen mit plastischen Kunststoffbandagen zu verbinden und somit ihre Flexibilität zu erhöhen. Dadurch wird ein Nachgeben bzw. Verschieben der Rohrleitungen in einem gewissen Ausmaß ermöglicht. Die Elastizität solcher Bandagen ist auch bei niedrigen Temperaturen gegeben.

### Stabilisierung des Unterbodens und von Abhängen



Zur Stabilisierung des Untergrundes und zur Sicherung von Abhängen können verschiedene Maßnahmen zum Einsatz kommen, abhängig von der Art des Untergrundes und der Gefährdungslage.

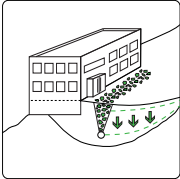
Rutschungsgefährdete Erdhänge können durch die Anlage einer dichten Vegetationsdecke bzw. durch Aufforstung und der damit einhergehenden Durchwurzelung des Erdreichs stabilisiert werden. Bei der Neuplanung kann in kleinräumigen Bereichen eventuell auch die Abflachung eines Hangs in Erwägung gezogen werden, um die Gefährdung durch abrutschende Erdmassen zu reduzieren.

Bei Untergrund mit lockeren Steinen oder der Gefahr von Felsabbrüchen, können Felsverankerungen, Stützbauwerke oder Stein Schlagnetze für eine Stabilisation des Untergrundes sorgen. Zur Vermeidung von Rutschungen und Senkungen können an gefährdeten Standorten Gebäude auf Scheiben oder Pfählen gebaut werden, die bis zum festen Untergrund reichen und die Gebäude lasten darauf abstützen. Bei bereits bestehenden Gebäuden ist es auch möglich, nicht das Gebäude, sondern die gefährdete Fläche mittels Dübeln, Pfählen oder Ankern mit dem festen Erdreich zu verbinden und so für eine zusätzliche Stabilisation zu sorgen.



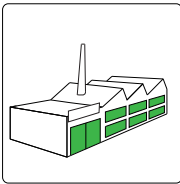


### Reduzierung des Hangwasserspiegels



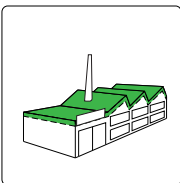
Da Wasser einen entscheidenden Faktor bei der Entstehung von Massebewegungen darstellt, sollte an gefährdeten Standorten der Hangwasserspiegel so gering wie möglich gehalten werden. Anfallendes Wasser sollte dort direkt abgeleitet und nicht versickert werden. Oberflächennahe Bodenschichten (bis zu drei Meter Tiefe) können durch Drainagegräben entwässert werden. Liegen die zu entwässernden Bodenschichten in größerer Tiefe, empfehlen sich Horizontalbohrungen und Brunnen in Verbindung mit entsprechenden Drainagevorrichtungen.

### Schutz von Gebäudeöffnungen



Gebäudeöffnungen, wie Türen und Fenster, sollten an den hangzugewandten Gebäudeseiten nach Möglichkeit vermieden, reduziert oder zumindest verstärkt werden, da Gebäude im Falle eines Abgangs besonders an den Öffnungsbereichen gefährdet sind. Die Rahmen von Türen und Fenstern sind von außen anzubringen, so dass sie möglichst nicht nach innen gedrückt werden können. An Fensterflächen ist Glas zu verwenden, das einem hohen Druck standhalten kann. Temporär einsetzbare Stahlsprossen, Prallplatten oder Dammbalken können zusätzlichen Schutz bieten, indem sie die direkte Einwirkung auf die Öffnungen reduzieren. Diese Maßnahmen bieten auch bei anderen Ereignissen mit Aufprallgefahr, wie z.B. Sturm, einen verbesserten Schutz.

### Verstärkung der Dachkonstruktion



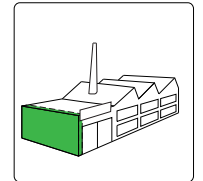
Besteht bei flachen Gebäuden und Anlagen die Gefahr, dass sie bei Abgängen überflossen werden, sind deren Dächer gegen Druck, Reibung und Auflasten besonders zu sichern. Es kann nötig sein, die Dachkonstruktion, z.B. mittels einer Unterverschalung, zu verstärken.

Auf leicht geneigten Dachflächen bieten Erdüberdeckungen einen guten Schutz, insbesondere vor Steinschlägen, da die direkte Aufpralllast gedämpft wird. Die Verstärkung der Dachkonstruktion muss auf die Statik der darunterliegenden Bauteile abgestimmt werden.

Bei einer gleichzeitigen Begrünung wirkt sich diese Maßnahme auch positiv auf das Kleinklima und den Regenwasserrückhalt aus. Sowohl Erdüberdeckungen als auch andere dachverstärkende Maßnahmen können darüber hinaus die Gebäudedämmung verbessern.



### Verstärkung der Aussenwände



Um Gebäudeschäden bei Massenbewegungen zu reduzieren, können in Hangrichtung liegende Außenwände verstärkt werden. Beim Neubau von Gebäuden kann das direkt durch eine entsprechende Bauweise bzw. Materialwahl berücksichtigt werden. Eine nachträgliche Verstärkung bei Bestandsgebäuden ist durch entsprechende Materialaufbringung ebenso möglich. Dazu eignen sich beispielsweise Vorsatzbeton oder Stahllamellen.

Gebäudeöffnungen, wie z.B. Türen und Fenster, sollten aufgrund ihrer geringen Widerstandskraft nach Möglichkeit nicht an den gefährdeten Außenwänden liegen oder möglichst klein gehalten und zusätzlich verstärkt werden. Innerhalb der Gebäude empfiehlt es sich, an den gefährdeten Gebäudeseiten Räume mit geringer Verweildauer und ohne teures Inventar anzuordnen. Bei den Überlegungen zur Raumnutzung ist auch zu bedenken, dass es durch die Gestaltung der gefährdeten Außenwände z.B. zu weniger Tageslichteinfall kommen kann.

Die Verstärkung der Außenwände lässt sich mit einer Gebäudedämmung kombinieren.

### Notfallmanagement

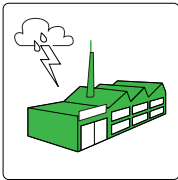
- Je nach Art der Massenbewegung unterscheiden sich die Vorwarnzeiten. Das Abstürzen großer Fels- und Geröllmengen geschieht meist sehr plötzlich. Größere Abstürze können sich aber bereits einige Tage im Vorfeld durch ein vermehrtes Auftreten von kleineren Steinschlägen ankündigen. Wird eine vermehrte Steinschlagaktivität festgestellt, sollte das Gebiet untersucht und ggf. eine vorsorgliche Evakuierung durchgeführt werden. Besondere Achtsamkeit ist außerdem bei Starkregenereignissen und bei häufigen Frost- und Tauwechseln geboten.
- Rutschungen haben in der Regel eine relativ lange Vorwarnzeit, die eine rechtzeitige Evakuierung und das Treffen von Notmaßnahmen ermöglicht.
- Hangmuren lassen sich nur schlecht vorhersagen, werden aber oftmals durch Starkregenereignisse ausgelöst. Deshalb sollten in gefährdeten Bereichen bei Starkregen Notmaßnahmen in Bezug auf Hangmuren ergriffen werden.
- Die Beschaffenheit des Untergrunds oberhalb der Gewerbefläche ist regelmäßig zu überprüfen, um die Gefährdungslage abschätzen zu können. Dabei sollten absturzgefährdete Steine, etc. beseitigt werden.



### Baulich-räumliche Präventionsmaßnahmen

- Äußerer Blitzschutz
- Innerer Blitzschutz
- Redundante Stromversorgung

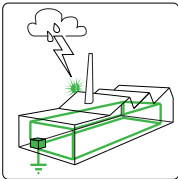
#### Äußerer Blitzschutz



Durch die Einrichtung einer äußeren Blitzschutzanlage werden Blitze daran gehindert direkt in das Gebäude einzuschlagen. Der Blitz wird dazu mittels einer Fangeinrichtung, die beispielsweise aus Fangstäben besteht, gezielt eingefangen und über möglichst viele Ableitungen aus metallischen Materialien zu einer Erdungsanlage im Boden geleitet, die dann die Blitzenergie im Erdreich verteilt. Aufbauten (z.B. Photovoltaikanlagen) müssen in den Schutzradius der Blitzschutzanlagen integriert werden. Wirksam gegen Blitzeinschläge können Gebäude nur durch eine Kombination von äußerem und innerem Blitzschutz geschützt werden.

Informationen zu Blitzschutzsystemen bietet beispielsweise die Internetseite des Verbandes Deutscher Blitzschutzfirmen e.V. ([www.vdb.blitzschutz.com](http://www.vdb.blitzschutz.com)) sowie die Blitzschutznormen DIN EN 62305, Teil 1-4.

#### Innerer Blitzschutz



Ein innerer Blitzschutz sorgt dafür, dass durch die Blitzenergie keine Schäden an Personen, Leitungen, elektrischen Anlagen und elektronischen Geräten verursacht werden. Das wird über einen Potentialausgleich und Maßnahmen zum Überspannungsschutz erreicht.

Durch einen Blitzschlag kann es zu großen Spannungsunterschieden zwischen den elektrisch leitfähigen Installationen eines Gebäudes kommen. Dadurch kann Funkenschlag ausgelöst werden, der zu Bränden führen kann. Um diese Spannungsunterschiede auszugleichen, werden alle diese Installationen (Leitungen, Rohre, Geländer, etc.) zusammengeschlossen, meist über eine Potentialausgleichsschiene.

Bei einer Überspannung wird der maximale obere Grenzwert der Netzspannung kurzzeitig überschritten und kann damit zu Schäden an allen angeschlossenen Leitungen führen. Zu Überspannungsschäden kann es auch dann kommen, wenn ein Blitz im Umkreis von bis zu zwei Kilometern einschlägt. Durch den Einsatz von Überspannungsschutzeinrichtungen können Schäden an nachgeschalteten elektrischen Anlagen und elektronischen Geräten verhindert werden.

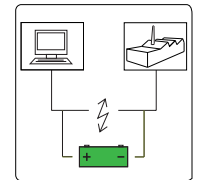


### Redundante Stromversorgung

Kommt es in Folge von Blitzeinschlägen (oder aber auch als Folge anderer Extremereignisse wie z.B. Überflutungen oder Stürmen) zu Stromausfällen, können Not- und Ersatzstromsysteme die Stromversorgung sichern. Derartige Systeme sind besonders bei solchen Produktions- und Arbeitsprozessen sinnvoll, bei denen eine plötzliche Unterbrechung der Stromversorgung zu großen Schäden führen kann.

Zur Sicherung der unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV) in größerem Rahmen bieten sich Notstromaggregate an. Einige dieser Geräte sind mit Messsystemen ausgestattet, die innerhalb von Sekunden einen Stromausfall erkennen können und daraufhin ihren Betrieb aufnehmen.

Da Notstromaggregate mit Kraftstoffen (Benzin, Diesel) betrieben werden, sind sie vor Beschädigungen, u.a. durch andere Extremwetterereignisse, besonders sorgfältig zu schützen. Sollen nur einzelne Geräte über eine kurze Zeitspanne hinweg weiterhin mit Strom versorgt werden, kann auch auf die zeitlich vergleichsweise eingeschränkte Pufferkapazität von Batterien zurückgegriffen werden.



### Notfallmanagement

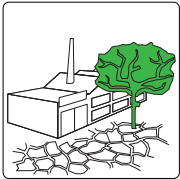
- Ein zuverlässiges Vorwarnsystem für Blitzschlag gibt es derzeit nicht. Neben den beschriebenen vorsorgenden Maßnahmen können einige Vorsichtsmaßnahmen auch sehr kurzfristig beim Aufkommen eines Gewitters getroffen werden. Dazu zählen u.a. das Trennen elektronischer Geräte vom Stromsystem, die Verlagerung gefährdeter Güter, das Schließen von Fenstern und Türen und das Aufsuchen von Gebäuden mit Blitzschutzsystemen. Bei einem Gewitter sollten im Freien außerdem keine Mobiltelefone verwendet werden.
- Im Fall eines Stromausfalls sollten die alternativen Versorgungssysteme (soweit vorhanden) aktiviert werden.
- Vorab empfiehlt sich die Aufstellung eines Notstromkonzepts, in dem vermerkt wird, für welche Anlagen bzw. Funktionen des Betriebes eine Stromversorgung prioritär wieder hergestellt werden soll.
- In einem Notfallplan sollte das Vorgehen im Falle eines Blitzeinschlags mit Folgen (z.B. Brand) festgehalten werden. Dazu zählen u.a. Kommunikationswege und Verhaltenshinweise für die Mitarbeiter. Auch indirekte externe Auswirkungen eines Blitzeinschlags (z.B. Freisetzung von Gefahrstoffen) sollten in dem Notfallplan bedacht werden.



### Baulich-räumliche Präventionsmaßnahmen

- Anpflanzen von trockenstresstoleranten Bäumen und Pflanzen
- Grau- und Regenwassernutzung
- Schutzschneisen zu Waldflächen

### Anpflanzen trockenresistenter Bäume und Pflanzen



Wird bei der Bepflanzung des Betriebsgeländes auf die Verwendung von winterharten, trockenstress-resistenten Arten geachtet, lassen sich Kosten und Aufwand in Dürreperioden reduzieren. Solche Pflanzen sind gegenüber langen Trockenperioden robuster und benötigen in dieser Zeit weniger Pflegeaufwand. Die Gefahr, dass sie eine Dürre nicht überstehen und dann ausgetauscht werden müssen, ist ebenfalls geringer. Durch den vermehrten Einsatz von z.B. Bodendeckern, Rindenmulch und Staudenpflanzen mit einer intensiven Durchwurzelung des Bodens, kann die Gefahr der Austrocknung des Bodens auf dem Betriebsgelände zumindest reduziert werden. Als Hilfestellung der Entscheidungsfindung zur Baumartenwahl kann beispielsweise die Klima-Arten-Matrix (KLAM) unter [www.die-gruene-stadt.de](http://www.die-gruene-stadt.de) herangezogen werden.

### Grau- und Regenwassernutzung



Die Grau- und Regenwassernutzung kann eine vorausschauende Lösung für Gewerbebetriebe mit hoher Abwassermenge bzw. Wasserbedarf darstellen. Gesammeltes Regenwasser und anfallendes Grauwasser können aufbereitet und in einem Betriebswasserkreislauf für Nutzungen wiederverwendet werden, die keine Trinkwasserqualität voraussetzen (z.B. als Kühlwasser, für die Toilettenspülung, im Rahmen von Brandschutzsystemen, etc.). Hinweise zur Betriebswassernutzung gibt z.B. die Broschüre „Innovative Wasserkonzepte“ der Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung.

Durch die Einrichtung solcher Betriebswasserkreisläufe wird der Frischwasserbedarf reduziert und es fällt weniger Abwasser an, wodurch die Ausgaben für Trink- und Abwassergebühren sinken. Insbesondere wo weiches Wasser erforderlich ist, bietet Niederschlagswasser Vorteile. Außerdem wird ein wichtiger Beitrag zur Entlastung der Gewässerökologie geleistet.

Viele Gewerbe- und Industriebetriebe haben nicht nur einen hohen Bedarf an Brauchwasser sondern bieten mit ihren häufig großen Dachflächen optimale Voraussetzungen für die Nutzung von Regenwasser. Eventuell sind hier Synergien mit Maßnahmen zum temporären Rückhalt von überschüssigem Regenwasser möglich.

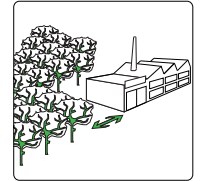


### Schutzschneisen zu Waldflächen

Ausreichend große Abstandsflächen zu angrenzenden Waldgebieten reduzieren die Gefahr von übergreifenden Waldbränden als Folge lange andauernder Trockenperioden. Bereits bei der Planung von Gewerbegebieten sollte auf den Abstand zu umliegenden Wäldern geachtet werden.

Innerhalb der Schutzschneise dürfen sich keine Objekte befinden, über die sich der Brand fortpflanzen kann (z.B. Büsche, Baumkronen einzelner Bäume, Lagerstätten von brennbaren Materialien).

Bei erhöhter Waldbrandgefahr (In Deutschland wird die Gefahr eines Waldbrandes nach einem länderunterschiedlichen vier- oder fünfstufigen Waldbrandindex ermittelt) sollten zudem gut erreichbare Wasserentnahmestellen auf dem Betriebsgelände geschaffen werden, um im Notfall eine ausreichende Wasserversorgung sicherzustellen.



### Notfallmanagement

- Das Verhalten auf dem Betriebsgelände ist der erhöhten Brandgefahr anzupassen. So sollte u.a. in der Nähe von waldbrandgefährdeten Gebieten das Arbeiten mit funkschlagenden Maschinen o.Ä. vermieden werden.
- Zur Vermeidung von Ablagerungen und daraus resultierenden Abflussbarrieren oder Geruchsbelästigungen sollten Abwasserleitungen in Trockenperioden regelmäßig gespült werden.
- In Dürreperioden kann die Stromversorgung gefährdet sein, weil Kraftwerke nicht mehr genügend Kühlwasser beziehen können, da z.B. der Pegelstand in Flüssen sinkt oder das Wasser zu warm wird, um es als Kühlwasser nutzen zu dürfen. Liegen entsprechende Warnmeldungen vor, sollte der Energieverbrauch so weit wie möglich reduziert werden und Vorsorgemaßnahmen für Stromausfälle ergriffen werden.
- Eine Dürre kann z.B. auf angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen zu einer verstärkten Staubeentwicklung führen. Empfindliche Produktionsgüter sind davor zu schützen.
- Während Dürreperioden ist es möglich, dass der Gütertransport auf Flüssen durch niedrige Pegelstände behindert wird. Dadurch können die Kosten und die Dauer der Transporte ansteigen. Gegebenenfalls ist deshalb ein temporäres Ausweichen auf andere Transportmittel zu prüfen.



5



6



7

### Zusammenfassung

- Jedem Gefährdungssegment können entsprechende planerische, baulich-technische und organisatorische Anpassungslösungen zugeordnet werden, die einzeln oder gebündelt geeignet sind, die Anfälligkeit eines Gewerbestandortes zu reduzieren.
- Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel können auf mehreren räumlichen Ebenen getroffen werden.
- Bei der Planung von Anpassungsmaßnahmen sollten sowohl präventive Schutzmaßnahmen als auch Maßnahmen der akuten Schadensminderung und -bewältigung bei Eintritt eines Extremereignisses in Erwägung gezogen werden.
- Durch manche Maßnahme lassen sich Synergien mit anderen Zielen erreichen. Andererseits kann jedoch auch die Verwundbarkeit in einem anderen Gefahrensegment zunehmen. Die Maßnahmen sind daher gegeneinander abzuwägen und möglichst in Einklang zu bringen.
- Die möglichen Auswirkungen einer Maßnahme auf angrenzende Grundstücke sind zu prüfen und bei Bedarf mit den Nachbarbetrieben abzustimmen.
- Die bestehenden Regelwerke bieten eine Orientierung bei der Dimensionierung baulicher Anlagen. Allerdings sollten auch die klimatischen Veränderungen bei der Umsetzung von Bau- oder Instandsetzungsmaßnahmen möglichst frühzeitig mit berücksichtigt werden.



# 5

**Kosten und Nutzen einer Anpassung an Klimafolgen**



# Kosten und Nutzen einer Anpassung an Klimafolgen

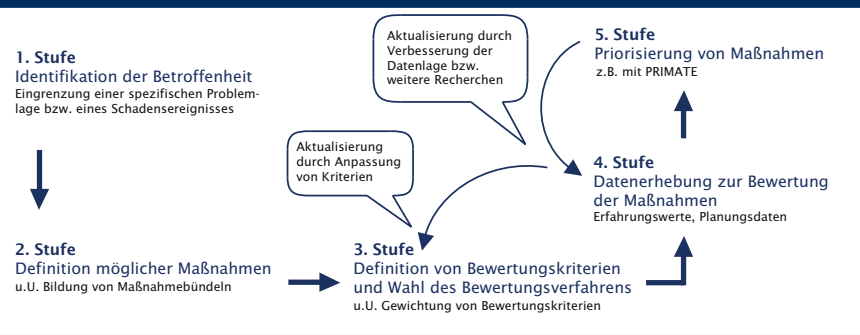
Die Umsetzung von Maßnahmen zur Anpassung an Klimatrends und Extremwetterereignisse kann mit hohen Kosten für Unternehmen verbunden sein. Angesichts der Ressourcenknappheit und aufgrund der unsicheren Klimaprognosen stellen sich daher den Entscheidungsträgern die folgenden Fragen:

- Wann sollte eine Maßnahme am besten umgesetzt werden?
- Welche Maßnahmen sind ökonomisch sinnvoll?
- Mit welcher Priorität sind diese Maßnahmen anzugehen?

## Zeitpunkt der Anpassung

Grundsätzlich ist eine frühzeitige proaktive Anpassung zu empfehlen. Je früher eine Maßnahme zur Anpassung an Klimafolgen geplant und umgesetzt wird, desto eher ist es möglich, diese mit geringerem finanziellem Aufwand, beispielsweise zusammen mit anderen Maßnahmen, die ohnehin in einem Unternehmen anstehen, durchzuführen. Die Chance einer frühzeitigen Anpassung liegt darin, dass Gelder, die jetzt für Schutzmaßnahmen ausgegeben werden, schon heute Schäden verhindern oder zumindest reduzieren können, die zu viel größeren Belastungen des Unternehmens führen würden. Gerade bei anstehenden Neuplanungen oder Umbauten können Maßnahmen zur Klimaanpassung sogar ohne Zusatzkosten realisiert werden, beispielsweise durch die Wahl geeigneter klimarobuster Bauteile und Materialien.

## Prozess der Priorisierung und Bewertung von Klimaanpassungsmaßnahmen



## Wirtschaftlichkeit und Prioritäten

Das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung in Leipzig hat ein einfaches Verfahren zur ökonomischen Beurteilung und Priorisierung von Klimaanpassungsmaßnahmen erarbeitet, dessen Ziel es ist, mit möglichst geringem Aufwand und mit den üblicherweise vorhandenen Informationen und Daten eine transparente Entscheidungsgrundlage zu schaffen. Der Prozess der Priorisierung und Bewertung erfolgt dabei in fünf Schritten (vgl. Abbildung).

In einem **ersten Schritt** wird die Betroffenheit des Unternehmens durch den Klimawandel genau analysiert. Dazu wird die Problemlage anhand der folgenden Fragen eingegrenzt:

- Welche Schäden sind bereits aufgetreten oder werden im Zuge des Klimawandels erwartet?
- Welche Unternehmensbereiche sind betroffen?

Zur Beantwortung dieser Fragen können beispielsweise Einsatzprotokolle vergangener Schadensereignisse ausgewertet werden oder auch bestehende Risiko- und Vulnerabilitätsstudien betrachtet und Fachplaner zu Rate gezogen werden.

Durch eine Gefährdungsbeurteilung (z.B. anhand einer Risikomatrix) können mögliche Risiken für die Anlagen- und Produktionssicherheit (inkl. Lieferketten) nach Auswirkung und voraussichtlicher Eintrittshäufigkeit bewertet werden. Aus den verschiedenen Risikoklassen lassen sich dann entsprechende Schutzmaßnahmen ableiten.

Im **zweiten Schritt** werden mögliche Maßnahmen definiert. Dazu stellt sich die Frage, welche vor- und nachrangigen Ziele mit den Maßnahmen verfolgt werden. So kann beispielsweise die Reduktion von Hitze das Primärziel sein, eine gleichzeitige Erhöhung der Aufenthaltsqualität auf dem Betriebsgelände ein Sekundärziel. Abgesehen von den zukünftig zu planenden Maßnahmen sollen auch bereits geplante Maßnahmen auf ihre Wirksamkeit bezüglich der Verringerung der Anfälligkeit gegenüber Klimatrends hin überprüft und gegebenenfalls angepasst werden. Dazu werden alle Handlungsalternativen durch eine inhaltliche Beschreibung klar voneinander abgegrenzt. Falls möglich sind Synergien zu nutzen, indem Maßnahmen zu Bündeln zusammengefasst werden.

Der **dritte Schritt** beinhaltet die Definition von Bewertungskriterien und die Auswahl des Bewertungsverfahrens. Dabei stellt sich die Frage, welche positiven und negativen Aspekte in die Bewertung mit einfließen sollen. Mit Hilfe der Kriterien sollen alle relevanten Nutzen (positive Effekte) und Kosten (negative Effekte) erfasst werden. Mögliche Kostenkriterien sind beispielsweise die Investitionskosten, die Reinvestitionskosten und die laufenden Kosten, die im Kostenbarwert erfasst werden. Mögliche Nutzenkriterien werden anhand ihrer quantitativen (z.B. Schadensvermeidung, erreichbare Risikoverminderung) und ihrer qualitativen Wirksamkeit (z.B. Lebensdauer, Synergie-Potenzial, Zusatznutzen in anderen Bereichen) beurteilt.





6



7



8

Die Wahl des Bewertungsverfahrens ist abhängig von der Art der Bewertungskriterien (qualitativ oder quantitativ) und der Datenverfügbarkeit. Wenn sich alle Kosten und Nutzen monetär bewerten lassen, wird die Kosten-Nutzen-Analyse verwendet. Sie identifiziert die Maßnahme mit dem größten Nettonutzen. Sind lediglich die Kosten monetär bewertbar, verwendet man eine Kosten-Wirksamkeits-Analyse. Hier wird für ein gesetztes Ziel die kostengünstigste Maßnahme ausgewählt. Wenn Kosten und Nutzen beide nicht monetär bewertbar sind und/oder mehrere Zielkriterien vorliegen, findet eine Multikriterienanalyse Anwendung. Hierbei werden die Zielkriterien mit Gewichtungsfaktoren versehen und bewertet. Im Leitfaden des UFZ werden die genannten Methoden ausführlicher erklärt.

Im **vierten Schritt** soll eine Datenerhebung zur Bewertung der Maßnahmen durchgeführt werden. Jede Maßnahme wird nun anhand ihrer Kosten und Nutzen bewertet (i.d.R. durch Zahlen, die Bewertungskriterien zugeordnet sind, wie z.B. 1 = gut, 2 = mittel, 3 = schlecht). Dazu werden mögliche Datenquellen gesucht (z.B. Baupreiskataloge, Honorarordnungen etc.). Falls die gefundenen Informationen mit Unsicherheiten behaftet sind, sollte dies in der Analyse dokumentiert werden (z.B. Spannweiten angeben: Welche Auswirkungen hat die Maßnahme im besten bzw. im schlechtesten Fall?). Falls sich für ein gewähltes Kriterium keine Daten erheben lassen, sollte der Kriterienkatalog ggf. angepasst werden (zurück zu Schritt 3).

Im **fünften Schritt** findet eine Priorisierung der Handlungsalternativen statt, indem sie in einer Entscheidungsmatrix bewertet werden. Anhand der Bewertung kann eine Rangfolge der Maßnahmen erstellt werden, die für die Auswahl geeigneter und ökonomisch sinnvoller Maßnahmen eine Entscheidungshilfe darstellt. Falls die Unsicherheiten in der Bewertung aufgrund mangelnder Datenlage zu groß sind, um eine eindeutige Rangfolge zu ermitteln, wird Schritt 4 wiederholt.

#### **Fazit**

Durch die Identifizierung wirtschaftlicher Handlungsoptionen und geeigneter Maßnahmen lässt sich die Anpassungsfähigkeit und die Resilienz eines Unternehmens in Zukunft erhöhen. Die Bewältigung von Klimarisiken sollte daher zukünftig ein fester Bestandteil des unternehmerischen Risikomanagements werden. Welche Strategie der Anpassung wirtschaftlich sinnvoll ist, kann nur betriebsspezifisch unter Berücksichtigung von internen und externen Rahmenbedingungen definiert werden. In erster Linie ist die Entscheidung abhängig von den individuellen Anfälligkeitsrisiken sowie von den Anpassungskapazitäten eines Unternehmens. Nicht zuletzt sollten aber auch die Chancen (Standortsicherheit, Marktposition etc.), die sich durch eine frühzeitige Anpassung ergeben, erkannt werden und in die Entscheidung mit einfließen.



# 6

## Kooperation bei der Klimaanpassung

## Kooperation bei der Klimaanpassung

Bei der Planung und Umsetzung von Maßnahmen zur Anpassung an Klimatrends und bei der akuten Bewältigung von Extremwetterereignissen kann ein gemeinschaftliches Vorgehen von Gewerbebetrieben an einem Standort von Nutzen sein. Die Vielfalt der Maßnahmen, die umgesetzt werden können, bieten entsprechend viele Ansatzpunkte für eine derartige Kooperationen.

### Chancen

Sowohl der Aufwand als auch die Kosten für die Planung und Umsetzung von Schutzmaßnahmen können im Falle einer Zusammenarbeit mit Nachbarbetrieben für jedes einzelne Unternehmen gering gehalten werden. So kann es z.B. sinnvoll sein, bei der Anschaffung größerer technischer Anlagen (z.B. mobile Hochwasserschutzwände, Notstromaggregate oder Kühlsysteme) eine Kooperation in Erwägung zu ziehen. Insbesondere bei kleineren Unternehmen kann eine überbetriebliche Nutzung solcher Geräte betriebswirtschaftlich rentabler sein, als ein alleiniger Gebrauch. Eine solche Aufwands- und Kostenreduktion ist auch bei vielen anderen Maßnahmen möglich, beispielsweise wenn für die Planung und Durchführung einer Maßnahme externes know-how eingekauft oder Baumaschinen angemietet werden müssen.

Die Wirkung von Klimaanpassungsmaßnahmen ist oftmals nicht auf ein einzelnes Grundstück begrenzt, daher bietet sich hier ebenfalls ein Ansatzpunkt für eine Kooperation. Werden alle profitierenden Betriebe bzw. Grundstückseigentümer frühzeitig darüber informiert, welche Vorteile ihnen durch die Maßnahmen entstehen, können dadurch eventuell Beteiligungsanreize geschaffen werden. Ein abgestimmtes Vorgehen ist in jedem Fall immer dann angebracht, wenn sich durch eine geplante Maßnahme die Gefährdung umliegender Grundstücke erhöhen könnte, wie es z.B. bei einer Veränderung von Abflusswegen von Niederschlagswasser auf dem Grundstück der Fall sein kann. Gleichzeitig ist ein gemeinschaftliches Handeln insbesondere bei solchen Maßnahmen zu erwägen, deren Wirkungsgrad sich erhöhen lässt, wenn sie großräumig umgesetzt werden, z.B. bei Begrünungsmaßnahmen oder bei der Beachtung von Frischluftschneisen bei der Gebäudeanordnung.

Aufgrund einer geringen Betriebsgröße oder ähnlicher Faktoren kann es sein, dass bestimmte Maßnahmen erst durch eine Zusammenarbeit ermöglicht werden. Beabsichtigt ein Unternehmen beispielsweise einen durch Regenwasser gespeisten Betriebswasserkreislauf einzurichten, die Wassermenge, die auf dem eigenen Betriebsgelände gesammelt werden kann, reicht dazu aber nicht aus, bietet sich eine Kooperation an. Nachbarbetriebe, die ihr Niederschlagswasser nicht selbst verwenden möchten, können durch die Bereitstellung ihres Regenwassers an andere Unternehmen die eigene Abwassergebühr senken und somit ebenfalls profitieren.

Eine Zusammenarbeit mit Nachbarbetrieben kann nicht zuletzt die Bewältigung von akuten Notsituationen erleichtern. Dazu bietet es sich an, gemeinsame Notfallpläne mit überbetrieblichen Hinweisen auszuarbeiten, in denen Verantwortliche und deren Kontaktdaten außerhalb der Betriebszeiten aufgeführt sind und Möglichkeiten zur gegenseitigen Alarmierung und Hilfestellung erläutert werden. Auch der Erfahrungsaustausch, zum Beispiel über die Bewältigung vorangegangener Ereignisse, kann eine wertvolle Bereicherung darstellen.

### Herausforderungen

Neben zahlreichen Chancen, die sich durch eine Zusammenarbeit bieten, ergeben sich gleichzeitig einige Herausforderungen. Der Abstimmungsaufwand steigt mit der Anzahl der beteiligten Betriebe. Unterschiedliche Zielvorstellungen und Ansprüche müssen auf einen gemeinsamen Nenner vereint werden. Eine Zusammenarbeit bedeutet deshalb oftmals, auch Kompromisslösungen zu akzeptieren. Insbesondere die Unsicherheit der Klimaprognosen kann eine Einigung über das notwendige Ausmaß von Anpassungsmaßnahmen erschweren. Der Prozess der Entscheidungsfindung kann sich somit bei einer Kooperation verlängern. Außerdem kann nicht ausgeschlossen werden, dass eine Maßnahme nach einer arbeitsintensiven Vorlaufphase doch noch umgeplant werden muss oder sogar scheitert, weil eingeplante Kooperationspartner abspringen. Eine langfristig ausgerichtete Zusammenarbeit wird deshalb häufig vertragliche Regelungen erfordern.

### Voraussetzungen

Die Tatsache, dass Gewerbebetriebe häufig über eine hohe räumliche Nähe zueinander verfügen, bildet gute Voraussetzungen für eine Kooperation. Besteht darüber hinaus eine allgemeine Bereitschaft sich über Ideen, offene Fragen aber auch mögliche Schwierigkeiten auszutauschen und gegebenenfalls Kompromisse einzugehen, sind die wichtigsten Ecksteine für eine Zusammenarbeit beim Umgang mit Klimafolgen gelegt.

Zunächst wird ein Initiator benötigt, der erste Ideen und Informationen zusammenträgt, mögliche Kooperationspartner ermittelt und einen Impuls zu gemeinsamen Gesprächen gibt. Der Zeitpunkt der Einbindung ist dabei variabel und richtet sich u.a. danach, wie groß der gemeinsame Gestaltungsspielraum bei den Maßnahmen ausfallen soll.

Bei der Entscheidung darüber, sich an einer Zusammenarbeit zu beteiligen, wird in den meisten Fällen die Frage nach dem Nutzen für den eigenen Betrieb bzw. das eigene Grundstück im Vordergrund stehen. Neben einer betriebswirtschaftlichen Betrachtung (vgl. Kapitel 5) ist es an dieser Stelle auch erforderlich, dass eine Möglichkeit gefunden wird, Kosten und Arbeitsaufwand gerecht auf die Akteure aufzuteilen. Je nach dem welche Maßnahmen umgesetzt werden sollen, welche örtlichen Gegebenheiten und eventuell Besonderheiten vorliegen und natürlich auch abhängig von den jeweiligen Gesprächspartnern ist diese Phase mit sehr unterschiedlichem Aufwand verbunden.





5



6



7

### Standortgemeinschaften

Eine Zusammenarbeit bei der klimagerechten Gestaltung von Gewerbegebieten kann sich einerseits auf einzelne freiwillige Kooperationsformen beschränken. Es ist aber auch ein ganzheitlicher Ansatz denkbar, der sich an der Idee von Eigentümerstandortgemeinschaften oder Business Improvement Districts (BID) orientiert. Die klassische Form der Standortgemeinschaften bilden Gewerbe- und Industrieparks (wie z.B. Mediaparks, Handwerkerhöfe, Technologie- und Gründerzentren, Forschungs- und Innovationszentren), die eine Zusammenarbeit verschiedener Unternehmen begünstigen. Der Grundgedanke eines BID basiert darauf, dass Akteure vor Ort die Initiative zu einem gemeinschaftlichen Handeln ergreifen und dann über einen bestimmten Zeitraum hinweg Maßnahmen organisieren und finanzieren mit dem Ziel die Standortqualität in ihrem Quartier zu erhalten oder zu verbessern. Die Finanzierung über einen festgelegten Zeitraum schafft Investitionssicherheit und ermöglicht es, langfristige Maßnahmenkonzepte aufzustellen.

Die Besonderheit einer solchen Eigentümergemeinschaft besteht darin, dass es (bislang in sechs deutschen Bundesländern) durch gesetzliche Regelungen ermöglicht wird, Gebühren von allen Eigentümern innerhalb eines abgegrenzten Gebietes für die Finanzierung der Maßnahmen zu erheben. Dadurch soll verhindert werden, dass Eigentümer als Trittbrettfahrer von den Aktivitäten profitieren, aber selbst nichts dazu beitragen. Die Höhe der Beiträge wird dabei z.B. nach Betriebsgröße gestaffelt. Die Mittel können einerseits für konkrete bauliche Maßnahmen eingesetzt werden. Andererseits ist auch die Einrichtung bzw. Finanzierung eines zentralen „Parkmanagements“ nach niederländischem Vorbild denkbar. Dabei übernimmt ein Dienstleister aus dem Bereich des Immobilienmanagements unterschiedlichste Aufgaben (Pflege und Instandhaltung von Freiflächen und Infrastrukturen, Sicherheits- und Notfallmanagement etc.) innerhalb eines Gewerbegebietes. Für die einzelnen Unternehmen ergeben sich durch die kollektive Nutzung der Dienstleistungen betriebswirtschaftliche Vorteile.

Die Initiative für eine Kooperation muss von den Eigentümern selbst ausgehen. Das Gebiet des potenziellen BID muss dann zunächst genau definiert werden. Daraufhin stimmen alle Eigentümer in diesem Gebiet darüber ab, ob sie an der Standortgemeinschaft teilnehmen wollen. Nur wenn eine deutliche Mehrheit der Eigentümer dafür stimmt, kann ein BID zustande kommen. Der genaue Anteil hängt von der vor Ort geltenden Gesetzgebung ab und liegt häufig bei zwei Dritteln oder drei Viertel aller Eigentümer.

Die Einrichtung eines „Climate Improvement Districts“ oder die Gründung einer privaten Eigentümerstandortgemeinschaft zur betriebsübergreifenden Anpassung an Klimafolgen eröffnet die Möglichkeit, ein gesamtes Gewerbegebiet an die Anforderungen der Klimaveränderungen anzupassen und eventuell mit dem Prädikat eines „klimarobusten Gewerbegebietes“ als Qualitätsmerkmal und Standortfaktor zu werben. Ein engagiertes gemeinschaftliches Handeln kann Aufmerksamkeit erzeugen und einen Imagegewinn herbeiführen.



7

Weiterführende Informationen



# Weiterführende Informationen

## Überflutung



**Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt Hamburg [2007]** Dezentrale naturnahe Regenwasserbewirtschaftung. Ein Leitfaden für Planer, Architekten, Ingenieure und Bauunternehmen. Hamburg

**Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt Hamburg [2012]** Wie schütze ich mein Haus vor Starkregenfolgen? Ein Leitfaden für Hauseigentümer, Bauherren und Planer. Hamburg

**Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung [2006]** Hochwasser-schutzfibel. Bauliche Schutz- und Vorsorgemaßnahmen in hochwassergefährdeten Gebieten. Berlin

**DIN Norm EN 12056-4** „Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden“

**DIN Norm 1986-100** „Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke“

**DIN Norm 18195** „Bauwerksabdichtungen“

**Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) [2005]** Arbeitsblatt DWA-A 138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. Hennef

**Emscher Genossenschaft Lippe Verband [2004]** Alles Gute kommt von oben oder wie Sie aus Regen bares Geld machen. Fünf Beispiele und wasserdichte Tipps für Unternehmen. Essen

**Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV) (Herausgeber) [2007]** Schutz vor Überschwemmungen. Leitfaden für Schutzkonzepte und Schutzmaßnahmen bei Industrie- und Gewerbeunternehmen. Berlin

**Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen [2010]** Handbuch Stadtklima. Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel. Düsseldorf

**Versicherungskammer Bayern [2002]** Elementar. Rückstau von Abwässern. So schützen Sie sich vor Schäden. München

**Versicherungskammer Bayern [2009]** Elementar. Überschwemmung und Starkregen. Schützen Sie sich und Ihren Besitz. München

**Versicherungskammer Bayern [2004]** Umwelt. Leichtflüssigkeitsabscheider. Anforderungen und Schadenverhütung. München

**Versicherungskammer Bayern [2004]** Umwelt. Ober- und unterirdische Lagerung von Brennstoffen und Kraftstoffen. München

**Versicherungskammer Bayern [2006]** Umwelt. Betriebstankstellen für Dieselkraftstoff. Anforderungen und Schadenverhütung. München

**Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen & Bundesamt für Wasser und Geologie Biel [2004]** Mobiler Hochwasserschutz. Entscheidungshilfe. Systeme für den Notfall. Bern

**Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen [2007]** Hochwasser. So schützen Sie Gebäude gegen Überschwemmung, Hochwasser und Oberflächenwasser. Bern

**Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen [2007]** Wegleitung Objektschutz gegen meteorologische Naturgefahren. Nr.4 Regen. Bern

## Windlasten



**DIN Norm 1055** „Einwirkungen auf Tragwerke“

**Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV) (Hrsg.) [2003]** Sturm. Eine Gefahr für bauliche Anlagen. Planungs- und Ausführungsrichtlinie zur Schadenverhütung. Berlin

**Präventionsstiftung der Kantonalen Gebäudeversicherungen [2010]** Schadensverminderung an Gebäudehüllen unter extremer Windeinwirkung. Sicherheit von Dächern und Fassaden bezüglich schadensverursachendem Wind. Synthesebericht für Architekten, Bauherren und Gebäudeeigentümer. Bern

**Versicherungskammer Bayern [2007]** Sturm. Stürme bedrohen Ihr Hab und Gut. So schützen Sie sich. München

**Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen [2007]** Wegleitung Objektschutz gegen meteorologische Naturgefahren. Nr.2 Wind. Bern

**Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen [2007]** Sturm. So schützen Sie Gebäude gegen Sturm. Bern

**Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe [2009]** Hitze. Vorsorge und Selbsthilfe. Bonn



## Hitze

**Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Ausschuss für Arbeitsstätten (ASTA) [2010]** Arbeitsstätten-Richtlinie ASR A3.5. Raumtemperatur. Berlin

**EnergieAgentur.NRW [o.J.]** Schutz vor Kälte und Hitze - Dämmstoffe im Vergleich. Wuppertal

**Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen [2010]** Handbuch Stadtklima. Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel. Düsseldorf

**Präventionsstiftung der Kantonalen Gebäudeversicherungen [2007]** Synthesebericht. Elementarschutzregister Hagel. Untersuchungen zur Hagelgefahr und zum Widerstand der Gebäudehülle. Bern



## Hagel

**Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen [2007]** Wegleitung Objektschutz gegen meteorologische Naturgefahren. Nr.4 Hagel. Bern

**Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen [2007]** Hagel. So schützen Sie Ihr Gebäude gegen Hagel. Bern

**DIN-Norm 1055-5** „Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 5: Schnee- und Eislasten“



## Schneelast

**Versicherungskammer Bayern [2006]** Haftpflicht. Gefahr durch Dachlawinen. So schützen Sie sich und andere. München

**Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen [2007]** Schnee. So schützen Sie Gebäude gegen Schneedruck und Schneerutsch. Bern

**Versicherungskammer Bayern [2008]** Gebäude. Standsicherheit bei Schneelasten. Wann und wie sollen Dächer geräumt werden. München

**Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen [2007]** Wegleitung Objektschutz gegen meteorologische Naturgefahren. Nr.5 Schnee. Bern

**Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen [2007]** Rutschungen. So schützen Sie Gebäude gegen Rutschungen und Hangmuren. Bern



## Massenbewegungen

**Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen [2005]** Wegleitung Objektschutz gegen gravitative Naturgefahren. Nr.2 Lawinen, Nr.4 Rutschungen, Nr.5 Murgänge, Nr.6 Steinschlag. Bern

**Ausschuss für Blitzschutz und Blitzforschung (ABB) des VDE [2003]** Wie kann man sich gegen Blitzeinwirkungen schützen? Frankfurt



## Blitzschlag

**Deutscher Wetterdienst [2010]** Vorsicht Hochspannung. Beim nächsten Gewitter wissen Sie was da passiert. Offenbach

**DIN Norm EN 62305** „Blitzschutz-Normen“ Teil 1-4

**Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV) (Herausgeber) [2010]** Blitz- und Überspannungsschutz in elektrischen Anlagen. Unverbindliche Richtlinien zur Schadenverhütung. Berlin

**SIEMENS [2012]** Blitz-Informationsdienst. Abrufbar auf [www.industry.siemens.com/services/global/de/blids/](http://www.industry.siemens.com/services/global/de/blids/)

**Verband Deutscher Blitzschutzfirmen e.V. Köln [2012]** Blitzschutz-Montagehandbuch. Abrufbar auf [www.vdb.blitzschutz.com](http://www.vdb.blitzschutz.com)

**Versicherungskammer Bayern [2009]** Blitzschutz. Blitzschlag und Überspannung. Schützen Sie sich und Ihren Besitz. München

**Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe [2010]** Trinkwasser - Notversorgung. Leistungspotenziale im Bevölkerungsschutz. Bonn



## Dürre

**Senatsverwaltung für Stadtentwicklung [2010]** Innovative Wasserkonzepte. Betriebswassernutzung in Gebäuden. Berlin

**Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz (GALK e.V.) Arbeitskreis Stadtbäume [2012]** GALK Straßenbaumliste. Hamburg

**Stiftung Die Grüne Stadt [2008]** Klima-Arten-Matrix (KLAM). Abrufbar unter: [www.die-gruene-stadt.de/forschungsstudie-klimawandel-und-geoelze/](http://www.die-gruene-stadt.de/forschungsstudie-klimawandel-und-geoelze/)

**Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) [2012]** Gemeinsam für das Quartier - Eigentümerstandortgemeinschaften. Ergebnisse des ExWoSt-Forschungsfeldes „Eigentümerstandortgemeinschaften im Stadtumbau“. Von der Initiierung bis zur Verstetigung. Berlin



## Kooperation

**Informations- und Dokumentationsportal für Neue Eigentümerstandortgemeinschaften: Urban Improvement Districts.** Forschungsprojekt der HCU Hamburg. [www.urban-improvement-districts.de](http://www.urban-improvement-districts.de)

**Kosten und Nutzen**



**Foreign & Commonwealth Affairs; HM Treasury [2007]** Stern Review: Die wirtschaftlichen Aspekte des Klimawandels.

**Helmholtz Zentrum für Umweltforschung (UFZ) [2012]** Bewertung und Priorisierung von Klimaanpassungsmaßnahmen. Leitfaden zur Entscheidungsunterstützung bei der urbanen Klimaanpassung. Leipzig

**Steininger, K.; Steinreiber, C.; Ritz, C. [2005]** Extreme Wetterereignisse und ihre wirtschaftlichen Folgen. Anpassung, Auswege und politische Forderungen betroffener Wirtschaftsbranchen. Graz

**Allgemeine Informationen**



**Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (Hrsg.) [2009]** Für den Notfall vorgesorgt. Vorsorge und Eigenhilfe in Notsituationen. Bonn

**Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe [o.J.]** Stromausfall. Vorsorge und Selbsthilfe. Bonn

**Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe & Innenministerium Baden-Württemberg (Hrsg.) [2010]** Krisenmanagement Stromausfall. Krisenmanagement bei einer großflächigen Unterbrechung der Stromversorgung am Beispiel Baden-Württemberg

**Bundesinstitut für Bau-, Stadt und Raumforschung [2010]** Klimaangepasstes Bauen - Kriteriensteckbrief „Widerstandsfähigkeit gegen Naturgefahren: Wind, Starkregen, Hagel, Schnee/feuchte Winter und Hochwasser“. Bonn

**Bundesministerium des Inneren [2005]** Schutz Kritischer Infrastrukturen – Basisschutzkonzept. Empfehlungen für Unternehmen. Berlin

**Bundesministerium des Inneren [2010]** Schutz Kritischer Infrastrukturen - Risiko- und Krisenmanagement. Leitfaden für Unternehmen und Behörden. Berlin

**Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit [2009]** Dem Klimawandel begegnen. Die Deutsche Anpassungsstrategie. Berlin

**Fichter, K.; Stecher, T.; Seela, A. [2011]** Wie Unternehmen den Folgen des Klimawandels begegnen. Chancen und Risiken der Anpassung an den Klimawandel aus Sicht von Unternehmen der Metropolregion Bremen-Oldenburg. Oldenburg

**Industrie- und Handelskammer für München und Oberbayern (Hrsg.) [2009]** Die Wirtschaft und der Klimawandel – Reaktionen der Unternehmen. München

**Karczmarzyk, A.; Pfriem, R. (Hrsg.) [2011]** Theorie der Unternehmung. Band 51. Klimaanpassungsstrategien von Unternehmen. Marburg

**Lühr, O.; Apfel, D.; Schneider, J. [2011]** Standort- und marktbezogene Betroffenheit der regionalen Wirtschaft durch den Klimawandel. Vulnerability-Assessment der dynamischen-Wirtschaft Teil 2. dynaklim-Publikation Nr. 09/Juni 2011

**Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen [2009]** Anpassung an den Klimawandel. Eine Strategie für Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf

**Mahammadzadeh, M.; Biebeler, H. (Hrsg.) [2009]** Analysen. Anpassung an den Klimawandel. Köln

**Nies, M.; Apfel, D. [2011]** Forschungsstand zur Betroffenheit von Branchen und ihre Anpassungsfähigkeit an die Folgen des Klimawandels. Vulnerability-Assessment der dynamischen-Wirtschaft Teil 1. dynaklim-Publikation Nr. 08/Juni 2011

**Ott, E.; Richter, C. [2008]** Anpassung an den Klimawandel – Risiken und Chancen für deutsche Unternehmen. In Wuppertal Paper 171. Kurzanalyse für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Rahmen des Projekts „Wirtschaftliche Chancen der internationalen Klimapolitik“. Wuppertal

**Prognos AG (Hrsg.) [2011]** Evaluierung möglicher Anpassungsmaßnahmen in den Sektoren Energie, Industrie, Mittelstand und Tourismus vor dem Hintergrund der Erarbeitung eines „Aktionsplans Anpassung“ der Bundesregierung. Düsseldorf/Berlin/Wuppertal

**UK Climate Impacts Programme [2010]** A changing climate for business. Oxford

**Internet**



[www.stadtklimalotse.net](http://www.stadtklimalotse.net)

[www.anpassung.net](http://www.anpassung.net)

[www.dwd.de/klimaatlas](http://www.dwd.de/klimaatlas)

[www.climate-service-center.de](http://www.climate-service-center.de)

[www.klimanavigator.de](http://www.klimanavigator.de)

[www.klimaatlas.nrw.de](http://www.klimaatlas.nrw.de)

[www.unwetterwarnungen.de](http://www.unwetterwarnungen.de)

[www.nordwest2050.de](http://www.nordwest2050.de) (Quickcheck für Unternehmen)



## Bildverzeichnis

1

- Umschlag (vorne/hinten): AVIA-Luftbild, Aachen Dipl.-Ing. Martin Jochum
- Deckblatt: Benden (ISB)
- 1-3 fotolia.de: Reicher (1); Otto Durst (2); kowitz (3)
- 4-5 Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIK) 2007
- 6-9 fotolia.de: valdezrl (6); skatzenberger (7); yazz (8); slavapolo (9)
- 10 eigene Darstellung nach: IPCC [2007]: Klimaänderung 2007: Wissenschaftliche Grundlagen. Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. Bern/Wien/Berlin
- 11-13 Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIK) 2007
- 14-17 fotolia.de: Pixelrohkost (14); Arno Bachert (15); Kelly Marken (16); Pablo Armelles (17)

2

- Deckblatt: Benden (ISB)
- 1-3 fotolia.de: Jürgen Flächle (1); Manuela Fiebig (2); Christian Nitz (3)
- 4 eigene Darstellung nach: Mohammadzadeh & Biebeler [2009]: Anpassung an den Klimawandel. Köln
- 5 Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. 2011
- 6 Benden (ISB)
- 7-8 fotolia.de: joe ribo (7); Ulrich Müller (8)
- 9 Benden (ISB)
- 10 Feuerwehr Königswinter
- 11-13 fotolia.de: Sebastian Seemann (11); Tilio & Paolo (12); klz (13)

3

- Deckblatt: Benden (ISB); Piktogramme: Nachtigall (ISB)
- 1-2 fotolia.de: Dennis Tokarzewski (1); Liane Remmler (2)
- 3-4 fit GmbH Zittau
- 5-6 eigene Darstellung nach: Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN [2005], DIN 1055-4, Einwirkungen auf Tragwerke. Teil 4: Windlasten. Berlin (5); Blitzinformationsdienst der Firma SIEMENS (Blids) [2012] (6)
- 7 Feuerwehr Königswinter
- 8-9 eigene Darstellung nach: Normenausschuss Bauwesen im DIN [2005]: DIN 1055-5, Einwirkungen auf Tragwerke. Teil 5: Schnee und Eislasten. Berlin (8); eigene Darstellung nach: Münchener Rück [2009], Globus der Naturgefahren. München (9)
- Kopfzeilen fotolia.de: mirpic (S. 22-23); NatUlrich (S. 24-25); Stefan Lenz (S. 26-27); motivjaegerin1 (S. 28-29); Harald Lange (S. 30-31); DeWe (S. 32-33); kreego (S. 34-35); jaromo (S. 36-37)
- 10-12 fotolia.de: Gina Sanders (10); Scott Leman (11); Stanislaw Tokarski (12)

4

- Deckblatt: Benden (ISB); Piktogramme: Nachtigall (ISB)
- 1 fotolia.de: quool
- 2 Benden (ISB)
- 3-4 fotolia.de: Wilm Ihlenfeld (3); Light Impression (4)
- Kopfzeilen fotolia.de: mirpic (S. 42-49); NatUlrich (S. 50-53); Stefan Lenz (S. 54-57); motivjaegerin1 (S. 58-59); Harald Lange (S. 60-61); DeWe (S. 62-65); kreego (S. 66-67); jaromo (S. 68-69)
- 5-7 fotolia.de: Yuriy Chertok (5); Kalle Kolodziej (6); hansenn (7)

5

- Deckblatt, 1-3 Benden (ISB)
- 4 Helmholtz Zentrum für Umweltforschung (UFZ) [2012] Leitfaden zur Entscheidungsunterstützung bei der urbanen Klimaanpassung
- 5-8 Benden (ISB)

6

- Deckblatt, 1-7 Benden (ISB)

7

- Deckblatt: Benden (ISB)

8

- Deckblatt: Benden (ISB)

## Impressum

### Herausgeber:

StädteRegion Aachen  
Der Städteregionsrat  
Stabsstelle 69 Regionalentwicklung  
Zollernstraße 10  
52070 Aachen  
Telefon: 0241-51982528  
E-Mail: ruth.roelen@staedteregion-aachen.de  
Internet: www.staedteregion-aachen.de



### Redaktion:

Institut für Stadtbaugesund und Stadtverkehr (ISB) der RWTH Aachen  
Mies-van-der-Rohe-Straße 1  
52074 Aachen  
Telefon: 0241-8025200  
E-Mail: institut@isb.rwth-aachen.de  
Internet: www.isb.rwth-aachen.de



### Inhaltliche Konzeption und Bearbeitung:

Institut für Stadtbaugesund und Stadtverkehr:  
Jan Benden, Christoph Riegel, Anika Trum, Alexandra Theißen

StädteRegion Aachen:  
Ruth Roelen, Frederic Wentz

### Gestaltung:

Alexander Wehrens, Jan Kaplan, Svenja Nachtigall, Jan Benden

### Druck:

Druck & Verlagshaus Mainz GmbH, Aachen

### Erscheinungsdatum:

September 2012

### Auflage:

500

Das Projekt „klimAix - klimagerechte Gewerbeflächenentwicklung in der StädteRegion Aachen“ wurde fachlich durch einen Steuerkreis unterstützt. Mitglieder des Steuerkreises waren der Aachener Verkehrsverbund (AVV), die Stadtwerke Aachen GmbH (STAWAG), die EWW Energie- und Wasser-Versorgung GmbH, die Aachener Gesellschaft für Innovation und Technologietransfer (AGIT) mbH, die Wirtschaftsförderungsgesellschaft StädteRegion Aachen mbH, die Aachener Stiftung Kathy Beys, die Stadt Aachen, die Handwerkskammer (HWK) sowie die Industrie und Handelskammer (IHK) Aachen.

Das Kapitel 5 (Kosten und Nutzen einer Anpassung an Klimafolgen) basiert auf dem „Leitfaden zur Entscheidungsunterstützung zur urbanen Klimaanpassung. Bewertung und Priorisierung von Klimaanpassungsmaßnahmen“, der u.a. im Rahmen von ExWoSt durch das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung Leipzig - UFZ (Bearbeitung: Oliver Gebhardt, Miriam Brenck, Volker Meyer) und unter Beteiligung des klimAix-Projektteams erstellt wurde.



gefördert vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung [BMVBS] im Rahmen des Forschungsprogramms „Experimenteller Wohnungs- und Städtebau (ExWoSt) - Urbane Strategien zum Klimawandel“ [Laufzeit 04/2010 - 09/2012]



Bundesministerium  
für Verkehr, Bau  
und Stadtentwicklung



Bundesinstitut  
für Bau-, Stadt- und  
Raumforschung  
im Bundesamt für Bauwesen  
und Raumordnung



STADT  
KLIMA

ExWoSt