

Anpassung an den Klimawandel in der Region: Handlungsfelder und Maßnahmen

- Handbuch der KlimaWandelFit-Maßnahmenkonstellationen -



Sven Wurbs, Till Ansmann

inter 3 GmbH - Institut für Ressourcenmanagement
Otto-Suhr-Allee 59
10585 Berlin

September 2018

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Impressum

Autoren

Sven Wurbs, Dr. Till Ansmann | inter 3 GmbH, Berlin

Redaktion | Gestaltung

inter 3 GmbH - Institut für Ressourcenmanagement

Herausgeber

inter 3 GmbH - Institut für Ressourcenmanagement

Otto-Suhr-Allee 59

10585 Berlin

Telefon (030) 34 34 74 40

Fax (030) 34 34 74 50

E-Mail info@inter3.de

www.inter3.de

erarbeitet im Forschungsprojekt

**Zielgruppenorientierte Bildungsmodulare zur Umsetzung von
Klimaanpassungsmaßnahmen in Flusseinzugsgebieten (ZiBiKli)**

Laufzeit 04/2016 - 09/2018

Webseite www.KlimaWandelFit.de

Projektpartner

**inter 3 GmbH -
Institut für Ressourcenmanagement**
Berlin



inter3
INSTITUT FÜR RESSOURCENMANAGEMENT

Stadt Uebigau-Wahrenbrück

Landkreis Elbe/Elster

Brandenburg



gefördert durch

**Bundesministerium für Umwelt-, Naturschutz
und nukleare Sicherheit (BMU)**

im Rahmen der Aktivitäten der
Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS)

Zitierhinweis

Wurbs, Sven/Ansmann, Till (2018): Anpassung an den Klimawandel in der Region:
Handlungsfelder und Maßnahmen, Handbuch der KlimaWandelFit-
Maßnahmenkonstellationen. Berlin

Bildnachweis Titelseite

Pixabay - *Creative Commons CCO*

Berlin, September 2018

© inter 3 GmbH - Institut für Ressourcenmanagement

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, Genauigkeit und Vollständigkeit der
Angaben sowie für die Umsetzbarkeit der Maßnahmen.

Inhaltsverzeichnis

Impressum	I
Inhaltsverzeichnis	II
Abbildungsverzeichnis	III
Einleitung	1
1 Wer wird angesprochen?	3
2 Wozu dienen die Maßnahmenkonstellationen?.....	3
3 Wie vorgehen?	4
4 Der Aufbau der Maßnahmenkonstellationen	6
4.1 Elementetypen und Aufbauprinzipien	7
4.2 Zur Abgrenzbarkeit der Elemente untereinander.....	10
5 Inhaltliche Bedeutung der Elemente der Maßnahmenkonstellationen... 11	
5.1 Die Akteure	12
5.2 Die Maßnahmenbereiche	17
5.3 Trockenheit und Hitze	21
5.3.1 Probleme	21
5.3.2 Maßnahmen im Umgang mit Hitze und Trockenheit	24
5.4 Hochwasser und Starkregen	35
5.4.1 Probleme	35
5.4.2 Maßnahmen im Umgang mit Hochwasser und Starkregen	37
5.5 Hagel und Sturm	52
5.5.1 Probleme	52
5.5.2 Maßnahmen im Umgang mit Hagel und Sturm	55
6 Literatur.....	67

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Beispiel einer regional angepassten Maßnahmenkonstellation für Trockenheit und Hitze	5
Abbildung 2	Die verschiedenen Elemente in den Maßnahmenkonstellationen	7
Abbildung 3	Wichtige Akteure zur Anpassung an den Klimawandel in ländlichen Regionen	13
Abbildung 4	Die Maßnahmenbereiche in den KlimaWandelFit-Kartierungen	18
Abbildung 5	Aktivitäten und Akteure im Bereich Trockenheit und Hitze	23
Abbildung 6	Aktivitäten und Akteure im Bereich Hochwasser und Starkregen	37
Abbildung 7	Aktivitäten und Akteure im Bereich Hagel und Sturm	54

Einleitung

Die Auswirkungen eines sich verändernden Klimas auf der Erde sind nicht nur in fernen Gegenden spürbar, wie z.B. bei der Gletscherschmelze in der Antarktis, Dürrephasen in Afrika oder auf pazifischen Inseln, die vom Anstieg des Meeresspiegels betroffen sind. Die Folgen, des vom Menschen u.a. durch Emissionen von Treibhausgasen in die Atmosphäre oder Veränderungen in der Landnutzung entscheidend mitbeeinflussten Klimawandels,¹ zeigen sich zunehmend auch in Deutschland. Das äußert sich beispielsweise in höheren Durchschnittstemperaturen, weniger Frosttagen, längeren Phasen von Hitze und Trockenheit, veränderten Niederschlagsmustern im Jahresverlauf, früheren Wachstums- und Reifezeiten bei Pflanzen oder insgesamt mehr Extremwetterereignissen.²

Auf internationaler und nationaler Ebene werden wichtige politische Entscheidungen zum Klimaschutz und zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels getroffen³ sowie entsprechende Finanzierungs- oder Förderprogramme aufgelegt. International ist hier z.B. das Pariser Klimaabkommen von Ende 2015 zu nennen und in Deutschland sind es u.a. die Aktivitäten rund um die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS). Auch bei der Vermittlung der Auswirkungen klimatischer Veränderungen erfolgt nicht selten ein Rückgriff auf Beispiele aus aller Welt, nicht zuletzt weil die Ursachen und Veränderungen vor Grenzen nicht Halt machen. Letztlich sind es jedoch vor allem die Regionen und damit eine kleinere Maßstabsebene, in der die Menschen den Wandel wahrnehmen, spüren und in der der Klimawandel direkt erfahrbar wird. Wie beim Klimaschutz, wo z.B. eine Gemeinde eine sparsame Straßenbeleuchtung erhält, Häuser energetisch optimiert oder Solaranlagen und Windräder installiert werden, sind es auch bei der Anpassung an die Folgen des Klimawandels die Regionen – als überschaubare und bekannte – Räume, in denen konkrete Projekte vor Ort umgesetzt werden und das Bewusstsein für die Risiken und Chancen veränderter Wetterbedingungen geschärft wird. Diese

¹ vgl. IPCC 2014

² Vgl. z.B. adelphi/PRC/EURAC 2015 und Deutscher Bundestag 2016. Nähere Informationen u.a. zu den Ursachen und Folgen des Klimawandels sowie Verweise auf weitere Quellen bietet auch das Grundmodul von KlimaWandelFit. Weitere Informationen zum Grundmodul finden sich auf www.KlimaWandelFit.de.

³ Beim Klimaschutz geht es ganz allgemein um die Begrenzung des Klimawandels, d.h. Bekämpfung der Ursachen des vom Menschen beeinflussten Klimawandels. Besondere Bedeutung hat dabei die Reduzierung des Ausstoßes von Treibhausgasen in die Atmosphäre. Die Anpassung an den Klimawandel zielt hingegen darauf, dass sich Länder, Regionen, Menschen usw. auf die Veränderungen, die der bereits eingetretene Klimawandel mit sich bringt bzw. noch bringen wird, einstellen. Sie sollen sich gewissermaßen möglichst frühzeitig an die neuen Bedingungen anpassen. Ziel ist dabei der Erhalt guter Lebensbedingungen auch in der Zukunft. Vgl. Bender/Schaller 2014. Vergleiche dazu auch die Ausführungen in Kapitel 3 und 4 des Grundmoduls von KlimaWandelFit. Nähere Informationen zum Grundmodul finden sich unter www.klimawandelfit.de.

Nähe zur Umsetzung und zum konkreten Handeln kann natürlich mit Hindernissen einhergehen. Um Landkreise, Kommunen und Städte fit für den Klimawandel zu machen, gilt es nicht selten auch Konflikte und Meinungsverschiedenheiten um z.B. ausreichende Gelder, das „richtige“ Konzept, verfügbare Flächen oder die dazu benötigten Arbeitskräfte und Materialien zu lösen. Die Maßnahmenkonstellationen von KlimaWandelFit setzen an diesem Punkt an. Sie sollen helfen, besser zu verstehen, wer in ländlich geprägten Regionen von den Auswirkungen klimatischer Veränderungen (zukünftig) betroffen ist und in welchen Bereichen gehandelt werden kann. Zugleich sind in ihnen Beispiele für konkrete Maßnahmen enthalten. Die Maßnahmenkonstellationen von KlimaWandelFit wollen somit einen Beitrag zu einer erfolgreichen Planung und Umsetzung von Anpassungsaktivitäten leisten, indem sie die Analyse konkreter Handlungsmöglichkeiten in den Regionen erleichtern und das Wissen um Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel schärfen. Im Idealfall stärkt eine solche Analyse das gegenseitige Verständnis für die Notwendigkeiten und Anforderungen bestimmter, sich teils ergänzender, eventuell aber auch widerstrebender Handlungsansätze. Darüber hinaus kann die Analyse die Bereitschaft zur Kooperation und zum lösungsorientierten Ausgleich bei anpassungsbezogenen Planungs- und Umsetzungsprozessen vor Ort erleichtern, indem aufgezeigt wird, wie die regionalen Herausforderungen direkt angegangen werden können.

Aufgebaut ist das vorliegende Handbuch so, dass es nicht zwingend notwendig ist, das gesamte Dokument zu lesen. Vielmehr dient es dem Anwender als eine Art Nachschlagewerk zu den Konstellationen, bei dem über die einzelnen Kapitel, Unterkapitel und insbesondere die Zwischenüberschriften, Gliederungspunkte und Hervorhebungen schnell Erläuterungen zum Aufbau, zur Anwendung und den Elementen gefunden werden können. Das Handbuch beginnt mit einem Überblick darüber, wer die Maßnahmenkonstellationen von KlimaWandelFit in welchen Zusammenhängen anwenden kann und welche Arbeitsschritte eine solche Analyse der regionalen Handlungsmöglichkeiten beinhaltet. Anschließend wird der grundsätzliche Aufbau der Konstellationen vorgestellt, bevor ausführlich die einzelnen, in den Konstellationen enthaltenen Elemente jeweils in übersichtlicher und knapper Form erläutert werden. Die Erläuterungen folgen dabei der inhaltlichen Aufteilung der Maßnahmenkonstellationen, die nach insgesamt drei Problemfeldern, d.h. möglichen Klimawandelfolgen geordnet sind. Für die Klimawandelfolgen „Hochwasser und Starkregen“, „Trockenheit und Hitze“ sowie „Hagel und Sturm“ gibt es somit jeweils eine Konstellation in Form einer graphischen Übersichtsabbildung. Diese Abbildungen, teils auch Kartierungen genannt, sind sowohl in diesem Handbuch enthalten⁴, können aber auch auf der Internetseite von KlimaWandelFit⁵ als

⁴ siehe Kapitel 6.2 bis 6.4

⁵ Die Webseite von Klimawandelfit ist zu erreichen über www.klimawandelfit.de.

veränderbare Graphiken heruntergeladen werden, um sie bei Bedarf an die jeweiligen regionalen Bedingungen anzupassen⁶.

1 Wer wird angesprochen?

Mit den Maßnahmenkonstellationen von KlimaWandelFit werden Akteure, d.h. Interessensgruppen, Personen, Kommunen und Einrichtungen angesprochen, die

- ◆ sich in ihrer Region dem Thema der Anpassung an mögliche oder bereits eingetretene Folgen des Klimawandels oder auch ganz allgemein der Vorbereitung auf wetterbedingte Gefahren widmen wollen,
- ◆ mehr darüber erfahren möchten, in welchen Bereichen im Sinne der Anpassung wie gehandelt werden kann und/oder
- ◆ wissen möchten, welche regionalen Personen oder Gruppen für verschiedene Anpassungsaktivitäten wichtig sein können.

Die vermittelten Informationen beziehen sich vorrangig auf Regionen mit ländlichem Charakter und zielen nicht direkt auf Menschen in Metropolen und Großstädten. Bestimmte Zusammenhänge und Aspekte können für diese dicht besiedelten, städtischen Bereiche natürlich dennoch von Interesse sein.

2 Wozu dienen die Maßnahmenkonstellationen?

Die Maßnahmenkonstellationen unterstützen ganz allgemein Anwender dabei zu erkennen,

- ◆ welche Personen oder Gruppen in der Region wichtig sind, wenn Aktivitäten zur Anpassung an die Klimawandelfolgen umgesetzt werden,
- ◆ wer ganz grundsätzlich bei frühzeitigem, aktivem Handeln von vorbereitenden Maßnahmen zur Anpassung an die sich verändernden bzw. bereits geänderten Wetterbedingungen profitieren kann,
- ◆ in welchen Bereichen Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel ansetzen können und/oder
- ◆ was konkrete Maßnahmen zur Stärkung der regionalen Widerstandsfähigkeit gegen veränderte Temperaturen, Niederschläge und Windbedingungen und weitere klimawandelbedingte Veränderungen sind.

Die Maßnahmenkonstellationen dienen einerseits dazu, konkrete Ansätze zum aktiven Handeln aufzuzeigen und andererseits die Personen und Gruppen vor Ort zu kennen, die in die Aktivitäten einzubeziehen sind, um die Region erfolgreich auf die Herausforderungen des Klimawandels vorzubereiten. Die Maßnahmenkonstellationen sind im Vergleich zu den Akteurskonstellationen im Aufbau etwas komplizierter und benötigen einen geübten Anwender oder etwas mehr Einarbeitungszeit. Dafür bieten

⁶ siehe dazu auch Kapitel 4

sie konkretere, handlungsbezogene Informationen, d.h. sie gehen direkt auf die Umsetzungsmöglichkeiten von Anpassungsmaßnahmen ein und zeigen auf, in welchen Bereichen interessierte Personen Maßnahmen ergreifen können. Den einfacheren Einstieg in das Anpassungsthema stellen hingegen die Akteurskonstellationen mit ihrer Übersicht über wichtige Gruppen und ihre jeweiligen Interessen dar. Mit ihnen lässt sich bestimmen, an wen vor Ort Wissen zur Anpassung vermittelt werden soll und welche Interessen die einzelnen Interessensgruppen oder Einzelpersonen in der Region (möglicherweise) verfolgen.⁷

3 Wie vorgehen?

Untergliedert sind die Maßnahmenkonstellationen zunächst in drei **Themenfelder**, d.h. es gibt jeweils eine Maßnahmenkonstellation, auch Kartierung genannt, zum Bereich

- ◆ Trockenheit und Hitze,
- ◆ Hochwasser und Starkregen sowie
- ◆ Hagel und Sturm⁸.

Grundsätzlich muss sich der Anwender bzw. regionale Wissensvermittler daher entscheiden, **zu welchem** dieser **thematischen Schwerpunkte** er **Wissen** an Personen vor Ort **vermitteln** möchte. Ist die Entscheidung gefallen, fällt der Blick auf die gewählte Abbildung, die sich aus mehreren **kartierten Elementen** zusammensetzt. Es gibt

- ◆ Problemlagen (*grün-hellgrau-gestrichelt*),
- ◆ Akteure (*orange*)
- ◆ Maßnahmenbereiche, d.h. Handlungsfelder (*grau-eckig*)
- ◆ Maßnahmen (*rot, blau* oder *grün*).⁹

Mit dem Blick auf die Kartierungen erhalten die Anwender einen **ersten** bzw. **allgemeinen Überblick** über die für die Anpassung an den Klimawandel wichtigen Handlungsfelder, möglichen Maßnahmen und die dafür einzubindenden Personen bzw. Gruppen. Diese für ländliche Regionen verallgemeinerten **Informationen**, gilt es in einem weiteren Schritt **für die eigene Region zu präzisieren**. Das allgemeine Wissen wird also mit den Bedingungen vor Ort abgeglichen und so entsprechend angepasst. **Wichtige Fragen** sind in diesem Zusammenhang z.B.:

⁷ Die KlimaWandelFit-Akteurskonstellationen sowie das dazugehörige Handbuch finden Sie auf der Webseite www.klimawandelfit.de.

⁸ siehe Kapitel 6.3 bis 6.5

⁹ Was inhaltlich hinter den einzelnen Elementen steht, die in den Kartierungen enthalten sind, wird in den Kapiteln 5 und 6 erklärt.

- ◆ Welche der abgebildeten Gruppen und eventuell auch Einzelpersonen ist in der eigenen Region wichtig für eine erfolgreiche Umsetzung von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel?
- ◆ Wer zählt vor Ort (möglicherweise) zu den Betroffenen von negativen Klimawandelfolgen und wer profitiert eventuell von den Veränderungen?
- ◆ In welchen Bereichen zeigen sich bereits erste Auswirkungen des Klimawandels und wo ist die Region besonders anfällig gegenüber Wetterveränderungen?
- ◆ Zu welchen Bereichen ist besonders viel oder besonders wenig Wissen zur Umsetzung von Maßnahmen in der Region vorhanden?
- ◆ In welchen Bereichen sind Menschen bereits engagiert oder haben sich in der Vergangenheit besondere Schwierigkeiten gezeigt?
- ◆ Welche Maßnahmen wurden bereits umgesetzt, sind geplant oder intensiv geprüft bzw. diskutiert worden?

Die Beantwortung dieser Fragen gibt dem regionalen Wissensvermittler einen genaueren Überblick über den Bedarf und die (personellen) Möglichkeiten von Anpassungsmaßnahmen vor Ort. Die Antworten unterstützen zugleich die Suche nach vertiefenden Wissensquellen, da beispielsweise deutlicher wird, wem genau anpassungsrelevantes Wissen vermittelt werden soll, welches Themenfeld behandelt wird oder auch in welcher Reihenfolge unterschiedlicher Zielgruppen mit den Lernangeboten angesprochen werden sollen. Die Suche nach geeigneter Literatur, Lernangeboten usw.¹⁰ kann somit strukturierter und zielgenauer erfolgen.

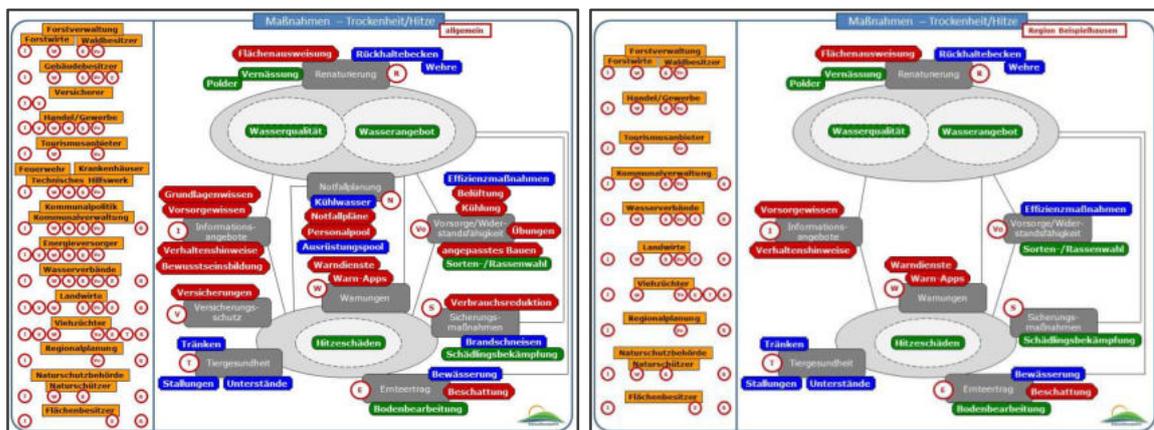


Abb. 1: Beispiel einer regional angepassten Maßnahmenkonstellation für Trockenheit und Hitze (links Ausgangskartierung, rechts angepasste Kartierung) (Quelle: inter 3 GmbH)

Je nachdem, wie gut die Anwender und damit Wissensvermittler in ihrer Region vernetzt sind und wie groß ihr Erfahrungswissen zu den regionalen Akteuren und notwendigen bzw. bereits begonnen Anpassungsaktivitäten vor Ort ist, bedarf es

¹⁰ KlimaWandelFit bietet dazu neben eigenen Lernmodulen auch eine Literatur- und Quellensammlung mit Schlagworten und Kommentaren an, siehe www.klimawandel-fit.de.

eventuell weiterer Arbeitsschritte. Haben Anwender das Gefühl, die Akteure und den Bedarf bzw. die Möglichkeiten zum Handeln nicht gut genug einschätzen zu können, sind **zusätzliche Informationen** einzuholen. In diesem Fall kann z.B. ein Blick in die lokalen Medien ebenso wie die Befragung regionaler Experten nach deren Einschätzungen hilfreich sein. Weitere Möglichkeiten sind Umfragen, Telefoninterviews oder direkte Treffen sowie Informationsveranstaltungen bzw. Workshops, in denen die Gruppen und Einzelakteure vor Ort zu ihrer Meinung, ihren Einschätzungen und ihren Mitwirkungsmöglichkeiten etc. befragt werden.

Wenn den Anwendern alle nötigen Informationen zu den wichtigen Gruppen, den Notwendigkeiten zum Handeln und zu geeigneten Maßnahmen für die eigene Region vorliegen, besteht die **Möglichkeit**, die gewählte **Maßnahmenkonstellation auf die Region hin anzupassen**.¹¹ Nach diesem Arbeitsschritt sollte die Konstellation dann nur noch die Elemente, d.h. Akteure, Maßnahmenbereiche und Maßnahmen enthalten, die für die Prozesse und Projekte in der Region wichtig sind. Unwichtige und weniger wichtige Elemente können entsprechend gelöscht werden, was zudem die Übersichtlichkeit und Aussagekraft der auf die Region zugeschnittenen Kartierung erhöht. Ebenso ist es prinzipiell möglich, bisher nicht in der Abbildung enthaltene, aber für die Region wichtige Elemente hinzuzufügen, Elemente umzubenennen, sie innerhalb der Abbildung zu verschieben oder sie neu zu verknüpfen. Die von KlimaWandelFit zur Verfügung gestellten Maßnahmenkonstellationen stellen somit für die Anwender einerseits eine Übersicht und damit einen Einstieg in die Anpassung im gewählten Themenfeld – wie z.B. Hagel und Sturm – dar. Andererseits können sie als veränderbare Arbeitsgrundlage und Hilfsmittel für eine genaue Analyse der regionalen Zusammenhänge der Anpassung an den Klimawandel vor Ort dienen.

4 Der Aufbau der Maßnahmenkonstellationen

Um die Maßnahmenkonstellationen zur Analyse der Umstände regionaler Handlungsmöglichkeiten im Bereich Klimafolgenanpassung zielgerichtet einsetzen zu können, sollten sich die Anwender zu Beginn mit der **Struktur und den enthaltenen Elementen der Konstellationen** vertraut machen.¹²

¹¹ siehe Beispiel in Abbildung 1

¹² Die Darstellung orientiert sich an den Kartierungsprinzipien der sogenannten Konstellationsanalyse. Diese ist ein wissenschaftliches Werkzeug, um unterschiedliche Meinungen und das Wissen von Personen verschiedener Berufe, Wissenschaftsdisziplinen und praktischer Erfahrungsbereiche gleichberechtigt zusammenzuführen. Es hilft bei der Analyse komplizierter Zusammenhänge und der Kompromissbildung, indem ein gemeinsames Verständnis von Problemen entwickelt und die Suche nach gemeinschaftlich getragenen Lösungen unterstützt wird. Mehr zur Konstellationsanalyse findet sich im Handbuch Konstellationsanalyse (Schön et al. 2007).

4.1 Elementtypen und Aufbauprinzipien

Wie bereits in Kapitel 4 kurz erwähnt, enthalten die Abbildungen verschiedene Informationen über die

- ◆ **Problemlagen** (*grün-hellgrau-gestrichelt*): geben an, welche zentralen Probleme im gewählten Themenfeld¹³ zur Klimafolgenanpassung auftreten können, d.h. gegen welche unerwünschten Auswirkungen Maßnahmen umgesetzt werden sollten.
- ◆ **Akteure** (*orange*): sind die unterschiedlichen Gruppen¹⁴, die im gewählten Themenfeld in der Region wichtig sind. Sie können mit ihrem Handeln unterstützen oder durch ihre Kritik die Umsetzung von Maßnahmen behindern bzw. verzögern.
- ◆ **Maßnahmenbereiche** (*grau-eckig*): stellen Handlungsfelder dar, in denen einzelne Anpassungsmaßnahmen mit jeweils vergleichbaren Zielen umgesetzt werden können.¹⁵
- ◆ **Maßnahmen** (*rot, blau oder grün*): benennen, was konkret an Handlungen zur Lösung der regionalen Probleme und Herausforderungen getan bzw. wodurch die Widerstandsfähigkeit der Region gegenüber dem Klimawandel gestärkt werden kann.¹⁶

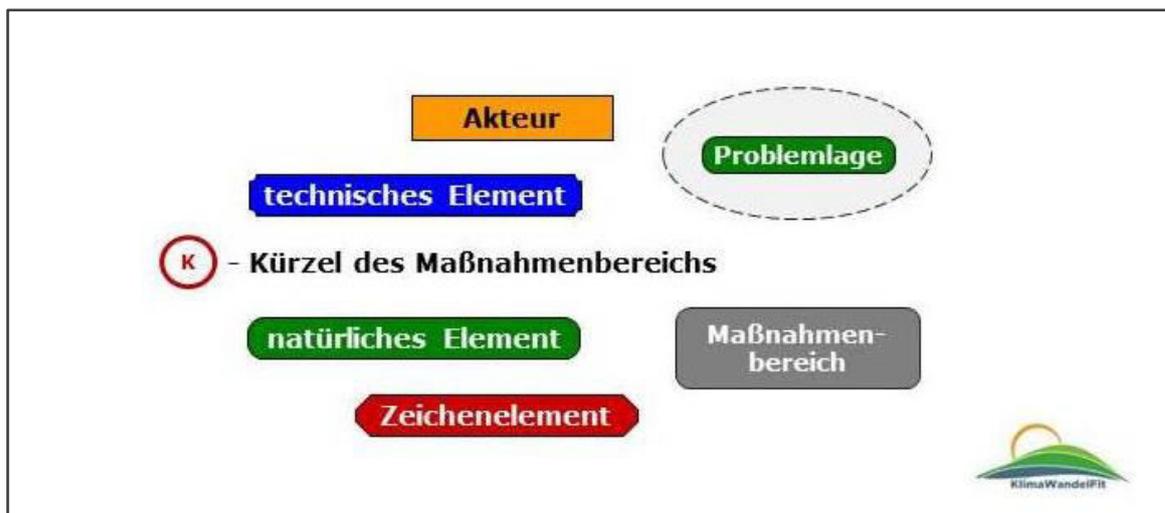


Abb. 2: Die verschiedenen Elemente in den Maßnahmenkonstellationen (Quelle: inter 3 GmbH)

Die Bandbreite an möglichen Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel ist in der Regel sehr groß, da viele Interessensgruppen und Themenfelder betroffen sein können. Um den Informationsgehalt der Kartierung zu erhöhen und **Maßnahmen**

¹³ siehe Kapitel 6.3., 6.4 und 6.5

¹⁴ siehe Kapitel 6.1

¹⁵ siehe Kapitel 6.2

¹⁶ siehe Kapitel 6.3.2, 6.4.2 und 6.5.2

besser einordnen zu können, wird bei diesen zwischen **drei Arten von Elementen**, d.h. in diesem Fall von Maßnahmen unterschieden. Kartiert sind sie als

- ◆ **technische** Elemente (*blau*): beschreiben Aspekte, die (vorrangig) mit technischen Lösungen verbunden sind, d.h. durch den Einsatz von Technik (Maschinen, Werkzeuge, Gerätschaften usw.) geregelt werden.
- ◆ **natürliche** Elemente (*grün*): benennen Handlungsmöglichkeiten, die in direktem Zusammenhang mit Natur, Umwelt oder Artenvielfalt stehen, d.h. deren Inhalte natürlichen Ursprungs sind.
- ◆ **Zeichenelemente** (*rot*): umfassen all die Aspekte, die in schriftlicher Form festgehalten werden (können) und allgemeiner bzw. theoretischer Art sind, d.h. Konzepte, Programme, Strategien, Problembeschreibungen, Gesetzesvorgaben, Normen usw.¹⁷

Die Position der genannten Elemente in den Abbildungen ist nicht zufällig gewählt, sondern folgt einem bestimmten **Anordnungsprinzip**. Aus der Stellung zueinander lassen sich Zusammenhänge zwischen den Elementen, d.h. den wichtigen Maßnahmenbereichen, dazugehörigen Maßnahmen und den betroffenen oder für aktives Anpassungshandeln wichtigen Personengruppen ableiten.

- ◆ Die **Maßnahmenbereiche** wie z.B. Erosionsschutz oder Notfallplanung docken **bei** den **Problemlagen** an, auf die ihr Handeln zielt. Ihr Bezug zueinander zeigt sich über die **direkte Verknüpfung**. Sind einzelne Maßnahmenbereiche für mehrere Problemlagen von Bedeutung oder bestimmte Elemente zu weit entfernt, dann zeigen neben den Berührungen auch **Verbindungen** in Form von Linien diese inhaltlichen Bezüge an.¹⁸
- ◆ Die Elemente der **Maßnahmen**, die in den einzelnen Maßnahmenbereichen ergriffen werden können, sind den **Maßnahmenbereichen über** eine **direkte Verknüpfung zugeordnet**, d.h. sie berühren das jeweilige Element eines einzelnen oder auch mehrerer Maßnahmenbereiche. Wenn der Abstand zu groß für einen direkten Kontakt ist, zeigen auch hier **Linien** an, dass Maßnahmen unterschiedlichen Maßnahmenbereichen zugeordnet werden können.
- ◆ **Akteure** sind den einzelnen **Maßnahmenbereichen durch kreisförmige Kürzel zugeordnet**. Diese Kürzel zeigen an, dass die Akteure von Maßnahmen in den entsprechenden Bereichen betroffen sind oder sie bei der Umsetzung von Maßnahmen in diesen jeweils eingebunden werden sollten.
- ◆ Auf der linken Seite gibt die Kartierung eine **Übersicht** über die wichtigen regionalen **Akteursgruppen**. Unter diesen sind jeweils die Kürzel der

¹⁷ siehe Schön et al. 2007

¹⁸ Aus Platzgründen und für eine bessere Übersichtlichkeit werden bei der Konstellationsanalyse Elemente in einer Abbildung immer nur einmal kartiert. Dopplungen oder Mehrfachbedeutungen werden dann durch Verbindungen, also durch Linien, Berührungspunkte oder Kreise sichtbar gemacht. siehe Schön et al. 2007

Maßnahmenbereiche angeordnet, die für die Personen und Gruppen wichtig sind bzw. wichtig sein können. Die **Kürzel** sind immer in der **gleichen Reihenfolge** abgebildet, sodass von oben nach unten schnell verglichen werden kann, welche Akteure in den einzelnen Maßnahmenbereichen eine Rolle spielen.

Die **Maßnahmenkonstellation** von KlimaWandelFit bietet **zwei Wege**, die **Kartierung zu lesen**. Der Zugang zu Anpassungsaktivitäten in der Region und den dafür wichtigen Interessensgruppen bzw. Einzelpersonen kann also mit unterschiedlichem Blickwinkel erfolgen:

- ◆ **Ausgangspunkt Akteure/Interessensgruppen:** In diesem Fall wird die Kartierung von links nach rechts betrachtet. Für den Anwender der Maßnahmenkonstellationen, d.h. den regionalen Wissensvermittler, stehen dann zunächst Fragen im Vordergrund wie „An welche Gruppen oder Personen soll handlungsbezogenes Wissen vermittelt werden?“, „Welche Gruppen oder Personen sind besonders wichtig für regionale Anpassungsaktivitäten?“ oder auch „Welche Akteure haben gezielt Wissen zur Anpassung nachgefragt?“. Hat der Wissensvermittler die für die Region wichtigen Akteursgruppen auf der linken Seite ausgewählt, wird nach rechts in den Handlungsbereich der Kartierung gewechselt. Anhand der Kürzel der einzelnen Maßnahmenbereiche unter den Akteursgruppen lässt sich nun schauen, in welchen Maßnahmenbereichen Anpassungsaktivitäten durch bzw. für diese Gruppen angestoßen werden können. Vertiefend können zu den jeweiligen Maßnahmenbereichen konkrete Beispielmaßnahmen aus der Kartierung abgelesen werden.¹⁹
- ◆ **Ausgangspunkt Maßnahmen:** Wenn sich der Anwender, d.h. regionale Wissensvermittler dem Thema Anpassung in der Region von der inhaltlichen, maßnahmenbezogenen Seite her nähert, wird die Kartierung von rechts nach links gelesen. Ausgangspunkt der Bewertung der regionalen Begeben- und Besonderheiten sind dann Fragen wie z.B. „Was kann in der Region zur Stärkung der Widerstandsfähigkeit gegenüber Klimawandelfolgen und extremen Wetterereignissen getan werden?“, „Was sind typische Probleme, die sich durch veränderte Wetterbedingungen ergeben?“, „Welche Themenbereiche berührt das Thema Anpassung in der eigenen Region?“ oder „Wie können konkrete Anpassungsmaßnahmen aussehen?“. Ausgehend von diesen maßnahmenbezogenen Informationen, kann der Wissensvermittler dann schauen, welche Gruppen und Personen für die Umsetzung der ausgewählten Maßnahmenbereiche oder Maßnahmen wichtig sind. Das funktioniert auch hier wieder über die runden Kürzel der Maßnahmenbereiche, die sich in der linken Akteursübersicht wiederfinden.

¹⁹ Nähere Informationen dazu, was hinter den kartierten Maßnahmenelementen in den drei Themenfeldern steht, finden sich im Kapitel 6.3.2, 6.4.2 sowie 6.5.2.

4.2 Zur Abgrenzbarkeit der Elemente untereinander

Im Bereich der **Anpassung** an veränderte klimatische Bedingungen greifen **ganz unterschiedliche Einflussfaktoren** ineinander. Umwelt- und Wetterbedingungen, teils gleiche teils gegensätzliche Interessen, die Frage der Finanzierbarkeit oder die Fähigkeiten der Menschen vor Ort und die ihnen verfügbare Zeit sind nur einige Punkte, die darüber entscheiden, ob die Anpassung an den Klimawandel als wichtiges Thema wahrgenommen und wie aktiv diese Anpassung gestaltet wird. Hinzu kommt, dass einige Aspekte mit **Unsicherheiten** verknüpft sind. Das kann sich z.B. auf die Vorhersagen zu den Veränderungen der Temperatur, der Niederschläge bzw. des Windes in der Region beziehen. Auch die Bedeutung von Anpassungsmaßnahmen verschiebt sich im Laufe der Zeit möglicherweise im Vergleich zu anderen regionalen Aktivitäten z.B. im Bildungsbereich oder der Gewerbeförderung. Die Kartierungen sind daher als ein vereinfachtes Abbild dieser komplexen Realität zu verstehen, d.h. eine **klare Abgrenzung zwischen** den einzelnen kartierten **Elementen** ist **nicht immer möglich**. Bestimmte Maßnahmen weisen z.B. einen klaren Bezug zur Natur und Umwelt auf und entsprechen zugleich einem Umsetzungskonzept. Das kann u.a. bei Renaturierungsmaßnahmen gegeben sein. Liegt der Fokus z.B. vor allem auf der Wiederherstellung eines naturnahen Flussteils, d.h. dem Schutz der Natur, sind die natürlichen Bedingungen für eine Maßnahme entscheidend. Dann sollte das Element als natürliches Element kartiert werden. Geht es aber mehr um die Entwicklung eines Konzepts zum Umgang mit den natürlichen Bedingungen vor Ort und damit die Konzepterstellung, dann ist ein Zeichenelement zu kartieren. Ähnlich verhält es sich, wenn Gesetze und gleichzeitig technische Maßnahmen eine Rolle spielen. Steht der Einsatz von Technik im Vordergrund, handelt es sich um ein technisches Element. Geht es vorrangig um die Einhaltung gesetzlicher Vorgaben, fällt die Wahl auf das Zeichenelement. Der Anwender sollte bei Überschneidungen daher die **Elemente nach ihrem vorrangigen Charakter** bzw. dem für ihn wichtigen Schwerpunkt **einordnen** und sich den Grund für die gewählte Zuordnung notieren, um diese auch zu einem späteren Zeitpunkt nachvollziehen und erklären zu können. In diesem Zusammenhang ist auch darauf hinzuweisen, dass die Kartierungen als „verkürzte Übersichten“, d.h. mit ihren schlagwortartigen Elementen in der Regel nicht selbsterklärend sind. Zur Arbeit mit ihnen gehört daher immer auch ein **Text**, der das dazugehörige Wissen festhält **oder** eine **Person, die** das, was hinter den Elementen inhaltlich steht, näher **erläutern** kann.

Ganz generell lässt sich zur Frage der Abgrenzbarkeit sagen, dass der **Umgang mit den Kartierungen** und ihren Elementen **pragmatisch** sein sollte. Es geht bei der Arbeit mit den Maßnahmenkonstellationen weniger darum, dass ein Element 100%ig genau kartiert wird, zu anderen exakt abgegrenzt ist oder an der richtigen Stelle steht, sondern vielmehr darum, dass am Ende der Analyse die Abbildung alle für den Anwender wichtigen Aspekte und regionalen Besonderheiten enthält. Hier und da gibt es also **Überschneidungen**, die die Realität abbilden und zum Teil auch gewollt bzw. hilfreich sind. Wenn z.B. mehrere Akteure gleiche oder ähnliche Interessen

vertreten, lassen sich Maßnahmen in der Region gegebenenfalls einfacher anstoßen. Zudem können Elemente der Kartierungen, die einen inhaltlichen Bezug zueinander aufweisen, die Bedeutung von Einzelmaßnahmen herausstellen oder Maßnahmen konkreter werden lassen. Ein auf Hitze und Trockenheit angepasstes Bauen kann beispielsweise auch Maßnahmen zur Kühlung oder Belüftung beinhalten. In der Kartierung zu Trockenheit und Hitze²⁰ beziehen sich die Maßnahmen zum angepassten Bauen aber z.B. auf mehrere Handlungsfelder, d.h. sie sind weiter gefasst als Kühlung und Belüftung mit ihrem Fokus stärker auf Gebäude und das Gebäudeumfeld oder die Stadtplanung. Beim angepassten Bauen sind also zusätzlich auch Maßnahmen aus weiteren Handlungsfeldern wie z.B. dem Verkehrssektor enthalten. Allerdings sind Maßnahmen zur Kühlung und/oder Belüftung im Rahmen der Gebäudegestaltung und Stadtplanung so wichtig, dass sie als einzelne Elemente kartiert werden und so von den Anwendern auch separat als eigenständiger Handlungsansatz wahrgenommen werden können. Inhaltliche Verknüpfungen sind darüber hinaus ebenso zwischen den drei Themenfeldern Trockenheit/Hitze, Hochwasser/Starkregen und Hagel/Sturm möglich. Eine Maßnahme wie das Bepflanzen von Böden oder Hängen kann beispielsweise in Trockenzeiten der Beschattung dienen, d.h. die Verdunstung verringern und so zum Wasserrückhalt in der Region beitragen. Gleichzeitig ist es eine Maßnahme, die der Erosion durch Wind und Wasser entgegenwirkt.

In Kapitel 4 wurde bereits die Möglichkeit beschrieben, die Maßnahmenkonstellationen von KlimaWandelFit direkt auf die Bedingungen in der eigenen Region anzupassen. Der Anwender kann auf das genannte Beispiel bezogen so z.B. selbst entscheiden, ob er die Erstellung des Renaturierungskonzepts als Zeichenelement kartiert und zugleich damit verbundene Naturschutzmaßnahmen und die dafür einzusetzende Technik als eigene Elemente mit in die Konstellation aufnimmt oder ob für ihn ein zusammenfassendes Element Renaturierung ausreicht. Ebenso kann der Anwender Maßnahmenbereiche, Akteure oder einzelne Maßnahmen, die in der Region nicht von Bedeutung sind aus der Abbildung streichen und weitere, bisher nicht vertretene ergänzen. Entscheidend ist also, dass die **regional angepasste Abbildung** all die Elemente zeigt, die der Anwender bzw. die Menschen vor Ort für wichtig und notwendig erachten, wenn es um konkrete Aktivitäten zur Anpassung an den Klimawandel geht.

5 Inhaltliche Bedeutung der Elemente der Maßnahmenkonstellationen

Nach der Vorstellung der verschiedenen Elementetypen und den Kartierungsprinzipien, d.h. den Erläuterungen zur Struktur der Anpassungskonstellationen, gibt Kapitel 6 nun **Hinweise zu den Inhalten**, die **hinter den Elementen der**

²⁰ siehe Kapitel 6.3

Kartierungen stehen. Dabei wird zu allen in den Maßnahmenkonstellationen enthaltenen Elementen eine kurze Erklärung bereitgehalten. Die Erläuterungen konzentrieren sich zunächst auf die Vorstellung der Akteure bzw. relevanten Gruppen, die aus Sicht von KlimaWandelFit besonders wichtig für eine erfolgreiche Anpassung an die sich verändernden Wetterverhältnisse bzw. klimatischen Bedingungen im regionalen Zusammenhang sind. Da die **Akteure bzw. Interessensgruppen** häufig von mehreren Problemlagen betroffen sind, erfolgt deren **inhaltliche Darstellung in allgemeiner Form** und nicht unterteilt nach den Themenfeldern Trockenheit/Hitze, Hochwasser/Starkregen oder Hagel/Sturm. Anders ist das bei den Problemlagen- und Maßnahmenelementen, die in den drei Akteurskonstellationen enthalten sind. Die Probleme, die sich z.B. bei Hitze ergeben, sind andere als die bei Hagel und damit sind in der Regel auch andere Maßnahmen zur Stärkung der Widerstandskraft der Region gegenüber den jeweiligen klimatischen Veränderungen gefragt. Folglich werden die **Problemlagen und Maßnahmen in Trockenheit/Hitze, Hochwasser/Starkregen und Hagel/Sturm untergliedert** erläutert. Dabei ist es selbstverständlich, dass sich die dargestellten Maßnahmenbeispiele ergänzen, aber auch widersprechen können und häufig Ausgleichsprozesse notwendig sind, um möglichst viele verschiedene Interessen zu befriedigen. **Lösungen** sollten zudem am Konzept **der Nachhaltigkeit** orientiert sein. Denn Anpassungsaktivitäten können für sich genommen durchaus auch nachteilig z.B. für den Klimaschutz oder aquatische Lebensräume sein. So kann ein Anpassungsschritt an höhere Temperaturen der verstärkte Einsatz von Klimaanlage sein, die viel Energie verbrauchen. Wenn diese Energie aus fossilen Brennstoffen kommt, dann steigert dies den Treibhausgasausstoß, was den Klimawandel fördert und trägt so zur Problemverschärfung statt -verringering bei. Natürliche Lebensräume am Wasser können wiederum in Zeiten von Trockenheit zusätzlich unter Druck geraten, wenn das Wasser in großem Umfang zur Bewässerung in der Landwirtschaft oder dem Obstbau eingesetzt wird. Bei den Ausgleichs- und Lösungsprozessen sind im Sinne der Nachhaltigkeit daher den Belangen der Umwelt, des Klimas und der Natur ebenso ausreichend Raum zu geben, wie sozialen Aspekten und der Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen.

5.1 Die Akteure

Die Auswahl der Akteure bzw. Interessensgruppen lehnt sich an die Handlungsfelder der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS)²¹ und ihrer Fortschrittsberichte²² an. Sie geht allerdings einen Schritt darüber hinaus, indem die Gruppen gezielt mit Blick auf die Bedingungen in ländlichen Regionen zusammen-

²¹ Bundesregierung 2008

²² Der erste Fortschrittsbericht, auch Monitoringbericht genannt, ist aus dem Jahr 2015 (Schönthaler et al. 2015). Es ist geplant, dass alle vier Jahre ein weiterer Bericht veröffentlicht wird, um die Entwicklungen und weitere Handlungsnotwendigkeiten für den Bereich der Anpassung an den Klimawandel aufzeigen zu können.

gestellt wurden. Erläutert werden die Akteure, d.h. die regionalen Interessensgruppen in alphabetischer Reihenfolge.



Abb. 3: Wichtige Akteure zur Anpassung an den Klimawandel in ländlichen Regionen

(Quelle: inter 3 GmbH)

- ◆ **Energieversorger:** Für die Anbieter von Strom und Wärme verändert sich mit anderen Wetterbedingungen auch die Nachfrage. So kann in Hitzephase z.B. die Stromnachfrage durch die Nutzung von Kühlgeräten steigen oder die Nachfrage nach Wärme sinkt wegen geringerer Temperaturen in den Wintermonaten. Gleichzeitig gilt es, die klassischen Kraftwerke, Lieferwege und auch Erneuerbare Energieanlagen gegen Ausfallrisiken durch z.B. Stürme, Hagel, Gewitter oder Überschwemmungen zu sichern und bei den Erneuerbaren mit Schwankungen u.a. in der Stromproduktion umzugehen. Die regionalen Energieversorger müssen also auch unter den Bedingungen des Klimawandels die Produktion von Wärme und Strom und damit die Versorgung ihrer Kunden sicherstellen und gewinnbringende Geschäftskonzepte entwickeln.
- ◆ **Feuerwehr/Technisches Hilfswerk/Krankenhäuser:** Gemeint sind Hilfskräfte und Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Rettungsdienste und des Zivilschutzes. Sie sind für die direkte Gefahrenabwehr, Rettung in Notfällen und die Absicherung bzw. das Aufräumen von Unfall- und Gefahrenstellen verantwortlich. Wenn sich durch den Klimawandel bestimmte Gefahren zeitlich im Jahr verschieben, häufiger auftreten oder heftiger werden (z.B. Starkregen, Stürme, Hitzetage, Hangrutsche, Gewitter), so müssen sich die Rettungskräfte und der Zivilschutz z.B. bei ihrer Einsatzplanung und Ausrüstung auf diese veränderten Herausforderungen einstellen, um auch in Zukunft einsatzfähig zu sein.
- ◆ **Fischer:** Fischer üben direkt in und mit der Natur ihr Gewerbe aus. Mit Blick auf den Klimawandel können u.a. veränderte Temperaturen in Gewässern,

eine Trübung durch erosionsbedingte Einträge von anliegenden Flächen, invasive Arten und neue Parasiten ebenso Einfluss auf aquatische Biotope nehmen, wie ein zu geringer Wasserstand in Trockenphasen oder der Sauerstoffmangel in Seen durch ein zu starkes Algenwachstum oder den Abbau von Erosionseinträgen durch sauerstoffbindende Bakterien. Es kann zur Abwanderung, einem Rückgang oder im Extremfall zum regionalen Aussterben von Tier- oder Pflanzenarten kommen, was die Fangmenge der Fischer möglicherweise direkt beeinflusst. Über die Nachzucht von Fischen, die Auswahl der Arten, angepasste Fangmethoden und Ruhezeiten können Fischer – und zum Teil auch Freizeitangler – Einfluss z.B. auf die Artenzusammensetzung nehmen und so einen Beitrag zur Anpassung leisten, um auch zukünftig wirtschaftlich und ökologisch vertretbar ihr Gewerbe ausführen zu können.

- ◆ **Flächenbesitzer:** Bau- und Renaturierungsmaßnahmen benötigen ebenso wie z.B. die landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Nutzung Flächen. Flächenbesitzer sind in der Regel an einem längerfristigen Werterhalt ihrer Flächen interessiert. Geänderte klimatische Bedingungen können den Wert einer Fläche prinzipiell beeinflussen. So kann z.B. eine erhöhte Nachfrage nach Flächen durch eine geringere wetterbedingte Produktivität entstehen oder Flächen in Gewässernähe oder nahe Grundwasserleitern legen aufgrund häufigerer Trockenzeit an Wert zu. Winderosion, instabile Hanglagen und falsche Nutzung durch z.B. Überdüngung können den Wert hingegen senken. Möglich ist auch, dass ein Flächenbesitzer seine Flächen nicht für geplante Naturschutz- und Renaturierungsmaßnahmen bereitstellen will oder Vorgaben an die Flächenpächter bzw. -nutzer macht. All dies kann Einfluss auf die Art der Flächennutzung und damit die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen ausüben.
- ◆ **Gebäudebesitzer:** Gebäude bieten Schutz gegen Hitze, Sturm, Regen, Kälte und sind damit gleichzeitig den natürlichen Bedingungen direkt ausgesetzt. Die Frage wo gebaut wird oder wie die Gebäude und ihre Außenanlagen gestaltet sind, entscheidet mit darüber, wie gut sie etwa stärkeren Stürmen und Überschwemmungen ohne oder zumindest mit nur geringen Schäden standhalten können und ob ihre Bewohner und Nutzer vor z.B. großer Hitze geschützt werden.
- ◆ **Handel/Gewerbe:** Der Klimawandel kann sich in vielfältiger Weise auf Betriebe und Unternehmen auswirken. Mit extremeren Wetterbedingungen kann z.B. durch Hitze, starken Regen und Wind die Arbeitsbelastung für Mitarbeiter im Außenbereich steigen. Im Fall von Stürmen oder Überschwemmungen ist die Unterbrechung von Lieferwegen oder der Ausfall von Strom, Wasser, Internet usw. möglich. Gleichzeitig ergeben sich für Unternehmen durch veränderte Wetterbedingungen eventuell auch neue Märkte oder eine höhere Nachfrage, z.B. nach trockenheitsbeständigeren

Pflanzen bei Gärtnereien oder Beschattungselementen an Gebäuden für Handwerker.

- ◆ **Kommunalpolitik und -verwaltung:** Dem allgemeinen Verständnis nach sind dies die Mitarbeiter der Verwaltung in den Kommunen und Gemeinden sowie die Bürgermeister, Stadtregierungen und Gemeinderäte. Weil diese auf kommunaler Ebene u.a. für die Bereiche Bauen, Wohnen, Gesundheit, Grünflächen, Verkehr, Feuerwehr, Zivilschutz oder Forstwirtschaft zuständig sind, sollten sie die (möglichen) Auswirkungen des Klimawandels kennen, sie wahrnehmen und bei ihrer Arbeit berücksichtigen. Hinzu kommt, dass Kommunen teilweise auch Flächen (Bauland, Ackerland, Felder, Wälder usw.) oder eigene Unternehmen besitzen, die für Anpassungsaktivitäten wichtig sind bzw. aktiv eingesetzt werden können.
- ◆ **Landwirte/Viehzüchter:** Landwirte arbeiten von je her mit der Natur und waren immer wieder gezwungen, sich auf veränderte natürliche Bedingungen einzustellen. Dies wird auch in der Zeit des Klimawandels nötig sein. Landwirte und Viehzüchter sind daher gefragt, sich durch z.B. eine angepasste Sortenwahl, andere Formen der Bodenbearbeitung oder auch zusätzliche Bewässerungsmöglichkeiten und Versicherungslösungen auf veränderte Wachstumsperioden, längere Trockenphasen oder Ausfallrisiken durch Extremereignisse wie Starkregen, Hagel usw. einzustellen und für das Wohl der Tiere auch unter Bedingungen z.B. besonderer Hitze oder starker Sommergewitter zu sorgen.
- ◆ **Naturschützer/Naturschutzbehörden:** Naturschützer und Naturschutzbehörden treten nicht nur als Interessenvertreter der Natur auf. Sie sind zum Teil auch Besitzer von Flächen oder machen, wie im Fall der Behörden, z.B. bei Bauvorhaben oder Flächen(um)nutzungen Vorgaben zum Natur- und Artenschutz. Aufgrund des Klimawandels sind Biotope, d.h. Lebensräume von Tieren und Pflanzen Veränderungen ausgesetzt. Zusätzlich zu den menschlichen Eingriffen in die Natur geraten Arten und Lebensräume daher durch z.B. Temperaturveränderungen, frühere Wachstumsphasen oder geänderte Niederschläge zusätzlich unter (Anpassungs-)Druck. Naturschützer und Naturschutzbehörden beobachten, begleiten und begutachten diese Prozesse fachlich und sind u.a. bei der Renaturierung von Flüssen, Seen und Feuchtgebieten, der Aufforstung und Anpassung von Waldflächen oder der Naturverträglichkeit von Bauvorhaben wichtige Akteure.
- ◆ **Netzbetreiber:** Ähnlich wie Energieversorger stehen auch die Betreiber von Versorgungsnetzen (Wasser, Abwasser, Strom, Wärme, Telefon, Verkehr etc.) vor der Herausforderung, den Betrieb oder die Versorgung ihrer Kunden unter veränderten klimatischen Bedingungen und häufigeren Extremwetterereignissen sicherzustellen. So müssen z.B. Leitungen und Masten stärkeren Stürmen oder längeren Hitzephasen widerstehen, um auch in Zukunft die

Netzstabilität und den möglichst reibungslosen Transport in der Region gewährleisten zu können.

- ◆ **Regionalplanung:** Die Regionalplanung konkretisiert mit ihren Regionalplänen die Vorgaben des jeweiligen Bundeslandes zur Nutzung von Flächen. Dabei werden unterschiedliche Ziele zur Flächennutzung verfolgt, gegeneinander abgewogen und für bestimmte Flächen Vorgaben zur Nutzung festgelegt. Die Ziele können sich z.B. auf Raum für Siedlungen, Land- und Forstwirtschaft, die Stärkung strukturschwacher Räume, Lärmschutz, Luftreinhaltung, Erholung, Verkehr, Wirtschaft und Gewerbe, aber auch den Natur- und Klimaschutz beziehen.²³ Die Regionalplanung kann daher mit ihren Vorgaben und gesetzten Schwerpunkten für die regionale Flächennutzung und die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen eine wichtige Rolle spielen und ist entsprechend zu berücksichtigen bzw. einzubeziehen.
- ◆ **Tourismusanbieter:** Für Anbieter von Urlaubsreisen und -unterkünften kann die Saison z.B. durch die zeitliche Verschiebung von Niederschlägen im Jahr, weniger Frosttage oder ausgedehnte Hitzephasen positiv wie negativ beeinflusst werden. Hinzu kommt, dass Urlauber häufiger von Extremwetterereignissen betroffen sein können. Tourismusanbieter müssen daher u.a. im Wintersport oder Wassertourismus ihre Angebote und Unterkünfte an die Bedingungen des Klimawandels anpassen, d.h. – unter Berücksichtigung der Schonung von Natur und Umwelt – neue, ergänzende und veränderte Angebote für ihre Gäste schaffen.
- ◆ **Versicherer:** Durch den Klimawandel veränderte natürliche Bedingungen und Wetterlagen verursachen andere Schäden und/oder andere Schadenssummen. Darauf gilt es sich mit Blick auf Versicherer und Versicherungen – z.T. auch staatlich unterstützt oder durch gemeinschaftliche Fondslösungen – einzustellen. Dazu gehört nicht nur die Anpassung von Produkten und Prämien, sondern auch, dass möglichst vielen Kunden und Interessierten ein bezahlbarer, ausreichender Versicherungsschutz bereitgestellt werden kann oder klar deutlich wird, in welchen Gebieten, wie z.B. stark überschwemmungsgefährdeten Lagen, keine Versicherungslösungen möglich sind.
- ◆ **Waldbesitzer/Forstwirte/Forstverwaltung:** Für die Akteure, die sich um den Wald kümmern oder von ihm leben, ist der Umgang mit den natürlichen Gegebenheiten ebenfalls nicht neu. Vor dem Hintergrund des Klimawandels besteht die besondere Herausforderung für die Forstwirtschaft jedoch darin, den Wald mit seinen langen Wachstumsphasen auf die vergleichsweise

²³ Vgl. dazu z.B. die Leitlinien der Ministerkonferenz für Raumordnung von 2016 (MKRO 2016) oder die Grundsätze der Raumordnung im §2 des Raumordnungsgesetzes (ROG), abrufbar unter: http://www.gesetze-im-internet.de/rog_2008/inhalts_bersicht.html (Stand: 08/2018).

kurzfristig eintretenden klimatischen Veränderungen hin anzupassen. Lange Phasen der Trockenheit, eine erhöhte Waldbrandgefahr oder neue Schädlinge gilt es ebenso zu meistern, wie kürzere Ruhephasen für die Bäume durch mildere Winter oder auch aufgeweichte Böden bei der Baumernte durch mehr Winterniederschläge und weniger Frosttage.

- ◆ **Wasserverbände:** Die regionalen Wasserverbände sind verantwortlich für die Wasserversorgung, die Abwassereinigung, den Hochwasserschutz und Unterhalt von Deichen sowie die Pflege der Gewässer in ihrem Zuständigkeitsbereich. Letzteres meint auch, dass Seen, Flüsse usw. eine gute Wasserqualität besitzen, gesunde Lebensräume darstellen und zur Funktionsfähigkeit des regionalen Wasserhaushalts beitragen.²⁴ Der Klimawandel kann ganz unterschiedlich Einfluss auf die Menge und Qualität des Wassers in Oberflächengewässern und im Boden nehmen. Dazu zählen u.a. seltenere Niederschläge oder allgemein höhere Temperaturen. Durch steigende Wassertemperaturen nimmt im Sommer z.B. die Gefahr von Algenblüten zu, was zum Sauerstoffmangel in Seen führen kann. Mildere Bedingungen ermöglichen zudem neuen, eingewanderten Arten das Überleben. Diese und weitere Folgen müssen die Wasserverbände in ihrer Arbeit berücksichtigen, um auch in Zukunft ihre Aufgaben erfolgreich zu erfüllen. Sie sind damit wichtige Akteure für regionale Anpassungsaktivitäten.

5.2 Die Maßnahmenbereiche

Geht es um Aktivitäten zur Stärkung der Region gegenüber den Folgen des Klimawandels und damit Wetterextremereignissen, so lassen sich **übergreifende Themenfelder** benennen, **in denen vor Ort gehandelt werden kann**. Diese sogenannten Maßnahmenbereiche sind zunächst unabhängig davon, welche Klimawandelfolge, d.h. Hitze und Trockenheit, Hagel- und Sturmereignisse oder Hochwasser und Starkregen die Engagierten in der Region gerade in den Blick nehmen. Die Maßnahmenbereiche geben einen ersten Überblick über mögliche Ansatzpunkte zum Handeln. Sie zeigen Themen mit ähnlichen Inhalten und Zielen auf, in denen dann einzelne und auf die konkreten Probleme wie z.B. Trockenheit oder Hagel zugeschnittene Maßnahmen geplant und umgesetzt werden können.

Die in den KlimaWandelFit-Maßnahmenkonstellationen enthaltenen Maßnahmenbereiche werden im Folgenden in alphabetischer Reihenfolge kurz erläutert.

- ◆ **Ernteertrag:** Insbesondere in Zeiten von Trockenheit und Hitze, aber auch bei zu vielen Niederschlägen oder Spätfrösten kann es zu Einbußen bei der

²⁴ Vgl. z.B. BMUB 2012 und BMUB/UBA 2017. Als Orientierung dient darüber hinaus auch die Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Union. Sie schreibt vor, dass bis spätestens 2027 natürliche Fließgewässer wie Flüsse oder Bäche einen guten bis sehr guten ökologischen Zustand erreicht haben müssen (WRRL 2000/60/EG; BMUB/UBA 2016).

Ernte von Feldfrüchten, Obst, Futter- und Energiepflanzen kommen. Stärkere Extreme in den Wetterbedingungen erhöhen diese Gefahr und stärken so den Bedarf an Maßnahmen zur Sicherung von Ernten oder dem Schutz vor zu hohen Ausfällen in der professionellen Landwirtschaft, dem professionellen Obst- und Gemüseanbau, den jeweiligen Nebenerwerbszweigen sowie auch bei privaten Gärtnern. Maßnahmen können sich u.a. auf zusätzliche Bewässerungen – unter Berücksichtigung des regionalen Wasserangebots –, eine stärkere Beschattung zum Schutz vor Verbrennungen an Pflanzen oder zur Reduzierung der Verdunstung beziehen. Aktivitäten zur Stärkung des Wasserrückhalts im Boden und der Sicherung der Bodenfruchtbarkeit u.a. durch den Schutz der natürlichen Humusschicht zählen ebenfalls dazu.

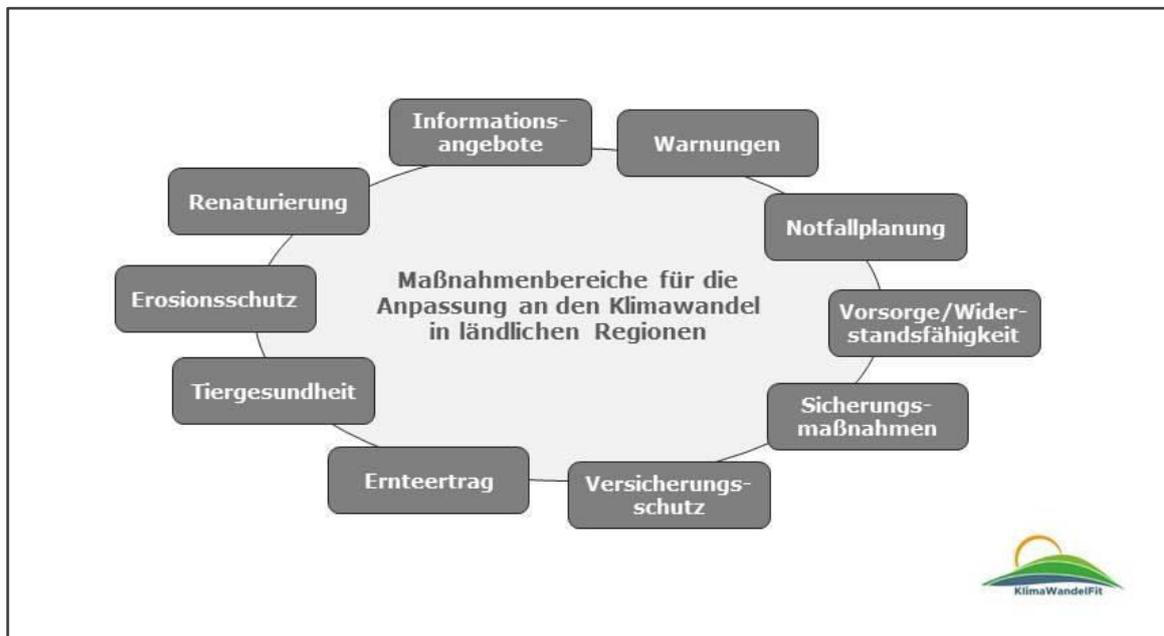


Abb. 4: Die Maßnahmenbereiche in den KlimaWandelFit-Kartierungen (Quelle: inter 3 GmbH)

- ◆ **Erosionsschutz:** Maßnahmen zum Erosionsschutz zielen einerseits darauf, die oberen Bodenschichten z.B. durch ausreichende Bodenbedeckung gegen Abtragung durch Wind und Wasser zu schützen und so die Fruchtbarkeit des Bodens dauerhaft zu erhalten. Zum anderen geht es darum zu verhindern, dass abgetragener Boden und damit auch Schweb-, Schad oder auch zu viele Nährstoffe sich ungewollt auf angrenzenden Flächen, Biotopen oder Gebäuden ablagern, in Gewässer gespült und geweht werden oder auch den Verkehr negativ beeinträchtigen.
- ◆ **Informationsangebote:** Über Informationsangebote und -veranstaltungen kann Wissen in der Region z.B. zu den Ursachen des Klimawandels, seinen Auswirkungen und möglichen Anpassungsaktivitäten vermittelt werden. Internetseiten, Blogs, Radio- und Fernsehbeiträge, Broschüren, Zeitungsartikel, Spiele, Arbeits- und Vernetzungstreffen sind einige von vielen Formaten, mit denen das Bewusstsein für die Auswirkungen und die eigene

Betroffenheit vor Ort gestärkt werden kann. Neben einem besseren Problembewusstsein und -verständnis gilt es dabei ebenso, Informationen dazu zu geben, wie gehandelt und mit den Problemen umgegangen werden kann. Das vermittelte Wissen sollte das aktive Handeln von Personen und Gruppen in der Region beleben, um so deren Widerstandsfähigkeit zu stärken, mögliche Schäden zu reduzieren und Wege hin zu einer angepassten und lebenswerten Zukunft aufzuzeigen.

- ◆ **Notfallplanung:** Im Bereich der Notfallplanung geht es um ein gutes Krisenmanagement und die Vorbereitung auf Situationen im Umgang mit z.B. wetterbedingten Extremereignissen. Bei der Vorplanung für Notfälle bzw. deren Abwehr sind dabei bewusst auch sich verändernde oder prognostizierte Umwelt- und Wetterbedingungen zu berücksichtigen, sodass Verantwortliche, Einsatzkräfte und Bürger in Zukunft angemessen gerüstet sind. Wichtige Erkenntnisse für eine erfolgreiche Durchführung zukünftiger Maßnahmen lassen sich darüber hinaus im Anschluss an Einsätze und entstandene Schäden, d.h. durch eine gezielte kritische Nachbearbeitung und strukturierte Analyse der Geschehnisse ziehen.
- ◆ **Renaturierung:** Mit Renaturierung sind Maßnahmen zur Wiederherstellung naturnaher Lebensräume gemeint. Erreicht wird dies durch eine gezielte Veränderung von Flächen, die stark durch die menschliche Nutzung geprägt sind oder die ihre natürliche Funktion (weitgehend) verloren haben. Dazu zählen Maßnahmen zur Flächenentsiegelung ebenso wie Aktivitäten zum Rückbau begradigter Flussläufe, wodurch den Flüssen wieder mehr Raum z.B. in Form von Überschwemmungsflächen gegeben wird. Eine Wiedervernässung von Auen oder Mooren sind weitere Ansätze, mit denen naturnahe Lebensräume für Tiere und Pflanzen gesichert bzw. zurückgewonnen werden können. Von Renaturierungsmaßnahmen profitiert dabei nicht nur die Natur, sondern auch der Mensch, weil der Wasserrückhalt in der Region durch Aktivitäten zur Vernässung, einer verbesserten Versickerung, geringeren Verdunstung oder eines langsameren Ablaufs des Wassers aus der Region gestärkt wird. In Trockenzeiten steht der Natur und den Menschen vor Ort dann mehr Wasser zur Verfügung und in Zeiten von zu viel Wasser, gibt es mehr Flächen, in denen das Wasser, ohne Schäden anzurichten, hineinlaufen oder versickern kann.
- ◆ **Sicherungsmaßnahmen:** Der Bereich der Sicherungsmaßnahmen umfasst Maßnahmen, die dem Schutz von Personen, Gebäuden, Fahrzeugen, Gegenständen, Sachwerten usw. kurz vor und während Extremwetterereignissen dienen. Die Aktivitäten in diesem Maßnahmenbereich sind als direkte Reaktionen auf kurzfristig vorhergesagte, unmittelbar bevorstehende oder bereits eingetretene Bedrohungen bzw. Gefahren zu verstehen. Im Gegensatz zum Maßnahmenbereich Vorsorgemaßnahmen geht es bei den Sicherungsmaßnahmen also um kurzfristige Schutzvorkehrungen oder bereits

etablierte Sicherungen, die bei Gefahr direkt vor oder während eines Extremwetterereignisses zur Schadensabwehr eingesetzt werden können. Das sind z.B. im Hochwasserfall Wassersperren oder Abdeckungen für Kelleröffnungen, Türen und Fenster, im Fall von akuter Trockenheit befüllbare Wasserbehälter oder bei Sturm zusätzliche Verankerungen für Masten und im Freien gelagerte Gegenstände.

- ◆ **Tiergesundheit:** Hinter dem Maßnahmenbereich stehen Aktivitäten zum Schutz von Tieren gegenüber Extremwetterereignissen sowie eine stressfreie Unterbringung und ausreichende Versorgung der Tiere bei widrigen Bedingungen wie beispielsweise sehr hohen Temperaturen, starkem Wind, hoher Feuchtigkeit oder einem vermehrten Auftreten von Parasiten. Viehzüchter, Bauern und Tierhalter sind dann u.a. gefragt, den Bereich von z.B. Weiden und Ställen abzusichern, eine ausreichende Beschattung und genügend Wasser bei starker Hitze bereitzustellen oder auch die Tiere bei drohender Gefahr vor z.B. Hochwasser zu evakuieren.
- ◆ **Versicherungsschutz:** Das Wetter ist ebenso wie der Klimawandel bzw. dessen konkrete regionale Auswirkungen mit teils deutlichen Unsicherheiten verbunden. Versicherungen bieten daher die Chance, individuelle Risiken, d.h. Schäden für einzelne Personen oder Gruppen durch gemeinschaftlich gezahlte Beiträge zu verringern bzw. auszugleichen. Aktivitäten in diesem Maßnahmenbereich dürfen allerdings nicht auf bestehende Versicherungslösungen zu Trockenheit, Sturm, Überschwemmungen usw. beschränkt bleiben. Bewusst anzugehen sind ebenso Versicherungslücken und der Umgang mit nicht versicherbaren Werten, wie z.B. Gebäuden in Überschwemmungsgebieten oder vermehrte Trockenheitsrisiken in der Landwirtschaft. Im Sinne der Vorsorge gilt es, auch für solche, zurzeit nicht oder nur unzureichend durch Versicherungen abgedeckte Gefahren Angebote bzw. Ausgleichsmöglichkeiten wie Fondmodelle o.Ä. zu erarbeiten.
- ◆ **Vorsorge/Widerstandsfähigkeit:** Der Maßnahmenbereich Vorsorge und Widerstandsfähigkeit beinhaltet Maßnahmen, die zum Ziel haben, mögliche klimawandelbezogene Risiken und Schäden durch vorsorgliches Handeln zu reduzieren oder komplett abzuwenden. Sie sind im Idealfall dauerhaft und verfolgen eine mittel- bis langfristige Wirkung. Über sie soll die Widerstandsfähigkeit von Personen, Gruppen, Gebäuden, der Natur, aber auch von landwirtschaftlichen und industriellen Produktionsprozessen usw. gestärkt werden. Im Vergleich zu den Sicherungsmaßnahmen wird daher zwischen Maßnahmen, die durch vorsorgendes Handeln zu einer langfristigen Verringerung von Schäden und Risiken führen – Vorsorge/Widerstandsfähigkeit – und kurzfristigen, kurz vor Eintritt des Schadensereignisses durchgeführten Maßnahmen zur direkten Schadensabwehr – Sicherungsmaßnahmen – unterschieden. Bei einzelnen Maßnahmen und Aktivitäten kann es dabei natürlich zu Überschneidungen zwischen diesen Maßnahmenbereichen kommen.

- ◆ **Warnungen:** Angebote und Kommunikationswege zur steten Information über Wetterverhältnisse oder zum Aussprechen direkter Warnungen bei z.B. Sturm- oder Hitzegefahren sind Teil des Maßnahmenbereichs Warnungen. Dabei kann es sich um die Nutzung von Radio, Rundfunk und Internet handeln oder um Smartphone-Apps bzw. auch Notfallkommunikationswege für Bürgerinnen und Bürger sowie für professionelle Einsatzkräfte z.B. über nachbarschaftliche Informationsketten oder Funk. Eine Notfallkommunikation ist dann gefragt, wenn es aufgrund von extremwetterbedingten Schäden zum Ausfall der klassischen Informationswege gekommen ist.

5.3 Trockenheit und Hitze

5.3.1 Probleme

Für Deutschland werden speziell für die Sommermonate seltenere Niederschläge und mehr heiße bzw. sehr heiße Tage sowie teils auch Nächte mit ungewöhnlich hohen Temperaturen vorhergesagt. Ebenso kann es vermehrt zu Extremwetterereignissen wie kurzen aber heftigen Niederschlägen kommen.²⁵ Mit diesen Klimawandelfolgen ergeben sich für ländliche Regionen Herausforderungen, auf die es sich anzupassen gilt. Wichtige **Problemlagen**, die aus diesen Klimawandelfolgen entstehen sind:

- ◆ **zu geringes Wasserangebot:** Weniger natürliche Niederschläge über einen längeren Zeitraum können die Wasserverfügbarkeit in einer Region spürbar einschränken. Es kann zu Situationen kommen, in denen nicht für alle Nutzergruppen – die Natur mit eingeschlossen – genügend Wasser vorhanden ist. Das kann wiederum zu einer Einschränkung des Wasserangebots, dem Vorrang für bestimmte Nutzungsansprüche, Einschränkungen für Verbraucher und damit auch zu Konflikten zwischen diesen führen. Insbesondere in langen Phasen ohne Niederschläge oder bei sehr hohen Temperaturen mit einer hohen Verdunstung wird einerseits möglicherweise die Funktionsfähigkeit von natürlichen Lebensräumen für Tiere und Pflanzen eingeschränkt. Andererseits steigt mit hoher Wahrscheinlichkeit in dieser Zeit zugleich die Nachfrage nach Wasser durch z.B. eine zusätzliche Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen, von Parks und Gärten oder durch das Betreiben von Wasserspielen wie Springbrunnen zur Kühlung in Städten. Denkbar ist auch, dass die Wasserpegel einzelner Seen, Bäche usw. durch zusätzliches Wasser aus anderen Wasserquellen stabilisiert werden. Für diese Zeiten ist z.B. ein sparsamer Gebrauch in der Landwirtschaft, der Industrie und Privathaushalten sowie ein gutes Verteilungs- und Konfliktmanagement gefragt. Vorsorgend kann u.a. durch Renaturierungs- und Entsiegelungsmaßnahmen der Wasserrückhalt in der Region gestärkt werden.

²⁵ vgl. adelphi/PRC/EURAC 2015

- ◆ **verminderte Wasserqualität:** Weniger verfügbares Wasser in natürlichen und künstlichen Gewässern kann zu einer Verschlechterung der Wasserqualität führen, weil z.B. Schweb- oder Schadstoffe bei geringerer Wassermenge in höherer Konzentration vorliegen können. Ebenso kann die Wassertemperatur Einfluss auf die Qualität des Wassers nehmen, wenn höhere Wassertemperaturen beispielsweise das Wachstum von bestimmten Wasserorganismen wie wärmeliebenden Algen fördern, es zu einer höheren Konzentration an nichtflüchtigen Stoffen kommt oder die Wassersäule unzureichend vermischt wird, d.h. Sauerstoff und Nährstoffe zu wenig zwischen oberen und unteren Wasserschichten verteilt werden.²⁶ Bei Trockenheit und Wind oder auch bei kurzem, heftigem Regen nach trockenen Phasen besteht zudem die Gefahr von Erosionseinträgen. Von Flächen neben Gewässern, die nicht oder nur gering bewachsen sind, kann dann entweder Staub oder bei starkem Regen weggeschwemmter Boden in die Gewässer gelangen und diese trüben bzw. mit Nähr- oder Schadstoffen wie z.B. Resten von landwirtschaftlichen Düngemitteln belasten. Um in Zukunft eine gute Qualität der regionalen Gewässer bzw. ihren guten ökologischen Zustand²⁷ zu gewährleisten, sind Anpassungen nötig, die die Einträge von Schad- und Schwebstoffen sowie, wenn möglich, den Anstieg der Gewässertemperaturen reduzieren. Zu prüfen ist darüber hinaus, ob in Haushalten, der Landwirtschaft, in Industriebetrieben usw. genutztes Wasser in gereinigter Form für z.B. die Bewässerung von Feldern, als Spül- und Kühlwasser oder ein weiteres Mal in Produktionsprozessen eingesetzt werden kann. Natürliche Gewässer könnten u.a. auf diese Weise durch Einträge von warmem oder durch Reststoffe belastetem Wasser bzw. ganz allgemein hinsichtlich der entnommenen Wassermengen entlastet werden.
- ◆ **Temperaturanstieg:** Lange Zeiten von großer Hitze am Tag und in der Nacht können zur Belastung für den Menschen, aber auch die Natur werden. Hohe Temperaturen erschweren körperliche wie geistige Arbeiten, d.h. die Menschen sind weniger leistungsfähig, Herz-Kreislaufbeschwerden nehmen zu und durch Konzentrationsschwächen, Gereiztheit und Unachtsamkeit steigt die Gefahr von Unfällen. Hinzu kommen für Allergiker Reaktionen gegen Pollen von Pflanzen, die im Jahresverlauf früher oder insgesamt länger blühen. Ebenso zählen eingewanderte bzw. bisher nicht in der Region aufgetretene Arten und Schädlinge, wie z.B. neue Mückenarten oder die hochallergene Pflanze Ambrosia, zu möglichen Veränderungen durch steigende Temperaturen. Neue Parasiten und Schädlinge stellen auch für Landwirte und die Nutztierhaltung eine Herausforderung dar, wobei bei der Viehhaltung bereits allein hohe Temperaturen Stress bei Tieren auslösen

²⁶ vgl. Bender et al. 2017

²⁷ vgl. WRRRL 2000/60/EG bzw. BMUB/UBA 2016

können. Ein früheres Erwachen der Natur im Frühjahr aufgrund von milderen Temperaturen verringert die Winterruhephase für Pflanzen und Tiere und erhöht die Gefahr von Spätfrösten, die auch dem Obstbau und der Landwirtschaft Schaden zufügen können. Hinzu kommt, dass Zugvögel bei einem zeitigeren Frühjahr zu spät aus ihren Winterquartieren zurückkehren und ihre angestammten Nistplätze durch andere Arten belegt sind oder die Hochzeit ihrer Beutetiere bereits vorbei ist, was die Aufzucht ihres Nachwuchses gefährdet. Ganz allgemein kann es darüber hinaus für einige Tiere und Pflanzenarten infolge höherer, klimawandelbedingter Temperaturen dauerhaft zu warm in ihren ursprünglichen Lebensräumen werden. Da der Temperaturanstieg durch menschliches Handeln noch weniger zu beeinflussen sind, als die Wasserqualität und die Wassermenge in einer Region, ist der Bedarf zum angepassten Handeln umso höher. Verschattung und Kühlung, angepasstes Verhalten in Hitzeperioden, aber auch gezielte Schutzgebiete für bedrohte Arten oder die Auswahl angepasster Sorten im Obstbau und der Landwirtschaft sind einige Ansätze zur Anpassung in diesem Bereich.

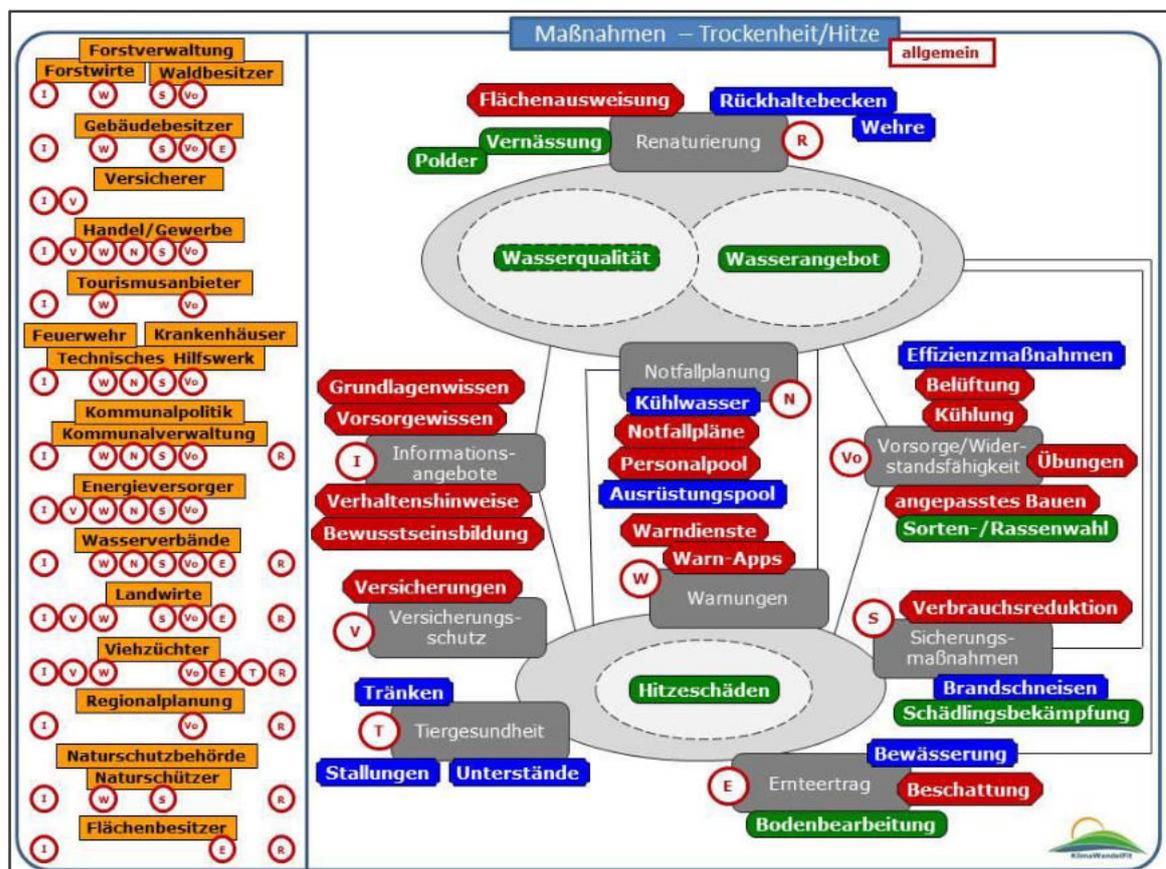


Abb. 5: Aktivitäten und Akteure im Bereich Trockenheit und Hitze

(Quelle: inter 3 GmbH)

5.3.2 Maßnahmen im Umgang mit Hitze und Trockenheit

Im Folgenden werden die in der Maßnahmenkartierung Trockenheit und Hitze enthaltenen Maßnahmen in alphabetischer Reihenfolge kurz erläutert.²⁸ Die Beschreibung zielt dabei – nicht zuletzt wegen der Fülle an möglichen Informationen und denkbaren Maßnahmen – nicht darauf ab, vollständig zu sein. Sie soll vielmehr einen Überblick dazu geben, was die kartierten Maßnahmenelemente inhaltlich bedeuten können. Der Anwender der Kartierung kann mit seinem regionalen Wissen diese Informationen für sich und seine Region dann ergänzen und ausführlicher beschreiben.

- ◆ **angepasstes Bauen:** Angepasstes Bauen fasst Maßnahmen zusammen, die solche Belastungen verringern helfen, die von Phasen langer Trockenheit oder intensiver Hitze ausgehen. Über bauliche Veränderungen an Gebäuden, Verkehrswegen, Versorgungsleitungen usw. sowie über bewusst eingesetzte widerstandsfähigere Materialien kann deren Widerstandsfähigkeit erhöht oder eine zu starke Materialbelastung verhindert werden. Auch negative Auswirkungen für Menschen, Tiere, Produktionsprozesse etc. lassen sich über bauliche Eingriffe reduzieren oder bestenfalls ganz verhindern. Zu diesen Maßnahmen zählen u.a. die Beschattung durch Vordächer, Markisen und Rollläden, das Berücksichtigen der Nord-Süd-Ausrichtung bei Gebäuden, Wasserspender in Fußgängerzonen, hitzeresistente Straßenbeläge oder auch Rigolen und Versickerungsmulden bei der Straßen- und Grundstücksentwässerung. Das dort aufgefangene Regenwasser kann dann u.a. zur Bewässerung von Bäumen- und Pflanzen eingesetzt werden und so der Reduzierung von Trockenstress dienen.
- ◆ **Ausrüstungspool:** Ein Ausrüstungspool hat zum Ziel, Einsatz-, Rettungs- und Hilfskräften bzw. freiwilligen Helfern in Notlagen schnell und in ausreichender Weise das benötigte Material und die notwendigen Gerätschaften für ihre Einsätze zur Verfügung zu stellen bzw. diese ohne großen Aufwand und Zeitverlust organisieren zu können. Das betrifft z.B. Fahrzeuge, Ausrüstungsgegenstände, Kommunikationsmittel, Ersatzteile oder Medikamente. Um dies zu erreichen, braucht es in den einzelnen oder miteinander kooperierenden Kommunen entsprechende Lager, Wartungskapazitäten und eine gute Vorplanung. Letzteres meint einen Überblick darüber zu gewinnen, was an Materialien bzw. Gerätschaften in Trockenheits- und Hitzephasen in der Region benötigt wird und wo bzw. wie diese bei Bedarf zur Verfügung gestellt werden können. Zu entwickeln sind daher auch Organisations- und Besorgungsstrukturen, die u.a. ausreichende Lösch(wasser)kapazitäten bei steigender Waldbrandgefahr, Gerätschaften zur Zusatzbewässerung von

²⁸ Die Erläuterungen zu den kartierten Akteuren und Maßnahmenbereichen finden sich in den Kapiteln 6.1 und 6.2.

Straßenbäumen, Reparaturbedarf bei Hitzeschäden an Verkehrswegen oder Beschattungs-, Kühl- und Trinkwasserversorgungsmöglichkeiten bei Hochwasser in Hitzephasen berücksichtigen. Die Materialien und Gerätschaften für Maßnahmen zur Gefahrenabwehr, Gebäude-, Sachgüter- und Personensicherung sowie dem Eigenschutz der Einsatzkräfte können natürlich auch für Vorsorgemaßnahmen im Vorfeld bzw. für Aufräumarbeiten im Nachgang von Extremwetterereignissen herangezogen werden, solange die Einsatzbereitschaft für Notfälle gesichert bleibt.

- ◆ **Belüftung:** Durch Belüftungsmaßnahmen lassen sich zu hohe Temperaturen regulieren und damit verbundene Belastungen für Menschen, Tiere, technische Anlagen usw. senken. Die Maßnahmen können technischer Art sein, wie z.B. automatische Belüftungssysteme für einzelne Gebäude oder Räume, baulicher Art wie z.B. durch Belüftungsöffnungen bei Stallungen und Gebäudekomplexen oder natürlich und städtebaulich, wenn es um das Anlegen von Frischluftschneisen und die gezielten Platzierung von Grünflächen geht. Gerade bei letzterem gibt es Überschneidungen mit Kühlungsmaßnahmen, da Grünflächen, Parks, Straßenbäume, Hecken usw. durch Verschattung und über die Verdunstung zur Senkung der Umgebungstemperatur beitragen. Bei Belüftungsmaßnahmen geht es jedoch gezielt um geringere (wahrgenommene) Temperaturen, indem Windbewegungen erzeugt und warme durch kalte Luft ausgetauscht wird, ohne dabei die Luft selbst zu kühlen bzw. stehende Luft am Aufwärmen zu hindern.
- ◆ **Beschattung:** Die Ziele von Beschattungsmaßnahmen im Maßnahmenbereich Ernteertrag liegen darin, Pflanzen vor zu starker Sonneneinstrahlung zu schützen sowie die Verdunstung, d.h. den Wasserverlust bzw. erhöhten Wasserbedarf von Pflanzen bei hohen Temperaturen zu senken. Die Maßnahmen haben somit einen klaren landwirtschaftlichen, obstbaulichen oder kleingärtnerischen Bezug. Angesetzt werden kann z.B. durch die Nutzung von Pflanzen mit einem größeren Blattanteil, sodass andere Pflanzenteile oder der Boden im direkten Umfeld der Pflanze stärker beschattet werden. Auch eine Bodenbedeckung durch Einstreu, Gräser usw. kann die Verdunstung verringern helfen. Bei diesen Maßnahmen ist zu berücksichtigen, dass es zu Ernteverlusten kommen kann, da andere bodenbedeckende Pflanzen eventuell Nährstoffkonkurrenten sind oder die Pflanzen mehr Energie in das Blattwerk und damit weniger in die Ausbildung der Früchte stecken. Weitere Ansätze zur Beschattung sind der Mehrebenenbau, d.h. die Kombination einer niedrigwüchsigen mit einer höherwüchsigen Kultur, der Randbewuchs durch Sträucher oder Bäume, Agrophotovoltaiksysteme, d.h. hohe Solaranlagen unten denen gepflanzt werden kann sowie bei kleineren Flächen auch Netze oder Sonnensegel.
- ◆ **Bewässerung:** Bei einer höheren Wahrscheinlichkeit langer Trockenheitsphasen, d.h. ausbleibendem natürlichen Niederschlag, müssen Land-

wirte, Obstbauern, Kleingärtner usw. möglicherweise häufiger auf zusätzliche Bewässerungsmaßnahmen zurückgreifen, um die gewünschte Entwicklung ihrer Pflanzen abzusichern und spürbare Ernteverluste zu vermeiden. Dies gilt insbesondere in entscheidenden Wachstumsphasen, wie der Keimung oder der Reifephase der Früchte. Zu berücksichtigen sind dabei sowohl die zusätzlichen Kosten, als auch der Abgleich des zusätzlichen Wasserbedarfs mit den verfügbaren Wasserressourcen der Region und der Wasserqualität der Gewässer bzw. Grundwasserleiter. Die Bewässerungsmaßnahmen sollten daher dem Gebot der Nachhaltigkeit folgen und möglichst effiziente und verdunstungsarme Bewässerungstechniken und -zeiten nutzen, wie z.B. Tröpfchenbewässerung, geschlossene Leitungen, schnelle Reparaturen von Leckagen oder die Bewässerung in den Tagesrandzeiten, wenn die Verdunstung geringer ist.

- ◆ **Bewusstseinsbildung:** Maßnahmen zur Bewusstseinsbildung zielen darauf ab, die Problem- und Lösungswahrnehmung in der Region sowie das Wissen um die Zusammenhänge von Klimawandel und eigenem Handeln zu stärken, d.h. dass die Menschen vor Ort zukünftig sensibler auf veränderte natürliche Lebensbedingungen schauen und Veränderungen sowie Lösungen früher und bewusster wahrnehmen können. Bewusstseinsbildende Aktivitäten nutzen häufig zuvor vermitteltes Grundlagenwissen²⁹ und bauen auf diesem auf. Sie stärken und vertiefen oft das zuvor erlernte Wissen, indem sie es z.B. konkret anwenden oder mittels Beispielen wiederholen. Nicht selten wird das Grundlagenwissen daher zusammen mit den Fähigkeiten zur sensibleren Wahrnehmung gemeinsam vermittelt. Mögliche Formate zur Stärkung des regionalen Bewusstseins sind u.a. gemeinsame Erkundungen der Region³⁰, Diskussionsveranstaltungen, Thementage und Mitmachaktionen, aber auch Informationsflyer für Haushalte, Beratungsangebote sowie regionale Radiobeiträge oder Videoclips im Internet.
- ◆ **Bodenbearbeitung:** Mit Maßnahmen zur Bodenbearbeitung sind in der Landwirtschaft, im Obstbau und dem kleingärtnerischen Bereich bodenschonende bzw. konservierende Bearbeitungsverfahren gemeint, die in trockenen und heißen Zeiten der Verdunstung entgegenwirken, die Versickerung, d.h. die Wasseraufnahmefähigkeit von Böden fördern und damit den Oberflächenabfluss verringern sowie die Austrocknung der oberen

²⁹ siehe Element Grundlagenwissen

³⁰ Beispielhaft für die Region Uebigau-Wahrenbrück im Südwesten des Landes Brandenburg hat KlimaWandelFit ein sogenanntes Erlebnismodul entwickelt. Über eine Tour in der Region lassen sich verschiedene Aspekte des regionalen Klimawandels und der Anpassung an diesen vor Ort erleben. Grundsätzlich kann das Erlebnismodul auch als Beispiel für andere Regionen mit ähnlichen Herausforderungen dienen, d.h. es ist – mit den notwendigen Anpassungen auf die jeweilige Zielregion – auch auf weitere Regionen übertragbar. Mehr Informationen finden Sie auf der Webseite www.klimawandelfit.de.

Bodenschichten reduzieren helfen. Dazu zählt z.B. die Arbeit mit Zwischenfrüchten, die Mulchsaat als konservierende Bodenbearbeitung, bei der Reste vorheriger Kulturen auf dem Feld zurückbleiben und so den Boden bedecken oder der pfluglose Anbau, auch Direktsaat genannt, bei dem auf pflügen, also ein Umbrechen des Bodens vor der Saat verzichtet wird. Auch die Arbeit mit Untersaaten, wie z.B. Klee und Gräsern, ist bei hochwachsenden Kulturen, wie u.a. Weizen, Roggen oder Mais, sowie bei Kulturen mit wenig Bodenbedeckung, wie Rüben oder Mais, eine Option zur Verringerung der Boden-erosion bzw. zur Stärkung des lokalen wie regionalen Wasserrückhalts. Da die Art der Bodenbearbeitung die Ausbreitung von Unkräutern, den Nährstoffgehalt des Bodens, das Auftreten von Schädlingen und den erwirtschafteten Ertrag beeinflussen kann, ist im konkreten Fall bzw. bei den angebauten Kulturen und Fruchtfolgen eine Abwägung zwischen den Zielen Bodenschutz, Artenvielfalt, Arbeitsaufwand und Ertrag bzw. Wirtschaftlichkeit notwendig.³¹

- ◆ **Brandschneisen:** Brandschneisen dienen insbesondere in Wäldern als Maßnahme gegen sich ausbreitende Brände und somit auch dem Schutz von angrenzenden Gebäuden, Übertragungsleitungen, Feldern usw. Sie können dabei nicht nur zur direkten Gefahrenabwehr, d.h. im konkreten Fall eines (Wald-)Brandes eingesetzt, sondern ebenso vorsorgend angelegt werden.
- ◆ **Effizienzmaßnahmen:** Effizienzmaßnahmen umfassen Maßnahmen zur Verringerung des Wasser- und Energieverbrauchs in Zeiten von Trockenheit und hohen Temperaturen. Die Bandbreite reicht dabei z.B. von Wasserspararmaturen, über Geräte mit geringer Wärmeentwicklung, einem niedrigen Strom- bzw. Kühlungsbedarf, über Dämmungen bis hin zu Wärmetauschern bzw. technischen Anlagen zur Kopplung von Stoffströmen. So kann beispielsweise bei der Erzeugung von Strom und Wärme, teilweise die entstehende Abwärme bzw. der darüber generierte Strom gleichzeitig zum Erwärmen oder zur Kältebereitstellung genutzt werden.
- ◆ **Flächenausweisung:** Die Flächenausweisung ist eine Maßnahme zur Festlegung von Flächen, die für die Umsetzung von Renaturierungsmaßnahmen benötigt werden bzw. die dafür konkret eingesetzt werden können. Dazu müssen geeignete Flächen gefunden und deren Verfügbarkeit geprüft werden, d.h. die Überlassung zur Nutzung und Pacht oder durch Ankauf ist zuvor zu klären. Nicht selten handelt es sich dabei um Kompromisslösungen, die z.B. Ausgleichszahlungen, Alternativflächen oder auch kombinierte und zeitweise Nutzungsoptionen beinhalten. Eine professionelle Moderation kann bei Bedarf die Suche nach entsprechenden Kompromissen erleichtern.

³¹ vgl. Düll/Flaig 2015, Gömann 2015, Piller 2017, Seiter et al. 2017 sowie Urbatzka et al. 2011

- ◆ **Grundlagenwissen:** Das Verständnis für den Klimawandel und aktives Handeln zur Stärkung der Widerstandsfähigkeit in der Region wird unterstützt, wenn die Menschen in der Region ein grundsätzliches Wissen zu den Ursachen und Folgen des Klimawandels bzw. spezieller von Hitze- und Trockenheitsphasen besitzen. Es gilt, die allgemeinen Zusammenhänge von Klima, Wetter und globalen wie regionalen Einflüssen zu kennen, um passgenau reagieren und handeln zu können.³² So ist es beispielsweise wichtig zu verstehen, was sich durch den Klimawandel in der eigenen Region verändert, dass sich z.B. Niederschläge innerhalb des Jahresverlaufs zukünftig wahrscheinlich deutlich vom Sommer in den Winter verschieben werden oder heiße Tage und lange Trockenzeiten aller Voraussicht nach häufiger auftreten. Dieses nötige Grundlagenwissen kann beispielsweise über Veranstaltungen wie Vorträge, Diskussionen und Thementage vermittelt werden oder über das geschriebene und gesprochene Wort, d.h. über Artikel, Broschüren, Bücher sowie Blogbeiträge, Sendungen und Videoclips im Fernsehen, im Radio oder im Internet.
- ◆ **Kühlung:** Unter Kühlung werden technische und bauliche Maßnahmen sowie Pflanzungen von Bäumen, Sträuchern, Ranken usw. zusammengefasst, die die Umgebungsluft selbst kühlen oder die z.B. durch Verschattungen verhindern, dass sich Gebäude und ihre Umgebung zu stark aufheizen. Ziel ist somit die Reduzierung von Hitze bzw. der damit verbundenen Gefahren für Menschen, Tiere, Materialien und technische Anlagen. Zu technischen Maßnahmen zählen z.B. Wärmetauscher, Luftbefeuchter oder Klimaanlage. Bei Klimaanlage und technischen Kühlsystemen sind jedoch zwingend die damit verbundenen Umweltauswirkungen aufgrund eines höheren Strom- und gegebenenfalls auch Wasserbedarfs oder die Folgen der Ableitung von warmer Luft aus dem Innen- in den sich dann eventuell aufheizenden Außenbereich zu berücksichtigen. Zu Maßnahmen baulicher Art zählen u.a. Markisen, Rollläden, Segel, Vordächer, Dämmungen und eine spezielle Innenraumanordnung, durch die bestimmte Räume kühl bleiben, weil sie von anderen wärmetechnisch abgeschirmt werden. Eine kühlende Wirkung lässt sich ebenso durch natürlichen Bewuchs, d.h. durch die Beschattung und verdunstungsfördernde Wirkung von Bäumen, Sträuchern, Hecken, begrünten Fassaden und Dächern erreichen. Bepflanzungs- und Begrünungsmaßnahmen können somit auf Straßen, in Parks und Gärten, aber auch an Gebäude-

³² Als Einstieg in das Themenfeld und zur Vermittlung von Grundlagenwissen zum Klimawandel, zum Klimaschutz und zur Anpassung an Klimawandelfolgen bietet KlimaWandelFit ein Grundmodul an, das auch verschiedene Quellen zur Vertiefung des dort vermittelten Wissens enthält. Personen, die in ihrer Region Basiswissen dazu vermitteln wollen, können sich mit diesem Grundmodul eigenständig das Wissen zu den genannten Themen erarbeiten und dieses dann entsprechend regional weitergeben. Das Grundmodul finden Sie auf der Internetseite www.klimawandelfit.de.

fassaden, im Gebäudeinneren bzw. in Form von Dachbegrünungen und der Einrichtung von Dachgärten umgesetzt werden.

- ◆ **Kühlwasser:** In Zeiten großer Hitze oder bei länger anhaltenden Phasen von Trockenheit kann es zu Lücken in der Deckung von Kühlwasser für große Kraftwerke oder Produktionsanlagen kommen. Wenn z.B. Flüsse zu geringe Wasserstände aufweisen oder die Wassertemperaturen in Gewässern zu hoch sind, kann aus Naturschutzgründen die Wasserentnahme bzw. -einleitung eingeschränkt oder ganz untersagt werden. Energieversorger und Unternehmen müssen dann in entsprechenden Verknappungssituationen auf Alternativen beim Kühlwasserbezug bzw. der Kühlung zurückgreifen, beispielsweise durch Kreislaufsysteme oder den Einsatz von Wärmetauschern. Gelingt dies nicht, ist gegebenenfalls die Produktion zu drosseln bzw. ganz aussetzen.
- ◆ **Notfallpläne:** Um in Notsituationen angemessen, schnell und geordnet handeln zu können, sollten Behörden, Einsatzstäbe, Unternehmen, Energieversorger etc. ausgearbeitete Notfallpläne bereitliegen haben. In diesen muss der Umgang mit den jeweiligen Gefahren von Hitze und Trockenheit festgeschrieben sein und die Pläne sollten zugleich Ersatz- und Ausgleichsmaßnahmen beinhalten. Diese Umgangsvorschriften können sich z.B. auf ein zu geringes Wasserangebot, eingeschränkte Verkehrswege auf dem Wasser, der Schiene und Straße beziehen, auf Waldbrände, ein begrenztes Lösch- bzw. Kühlwasserangebot, hitzebedingte gesundheitliche Belastungen für Menschen und Tiere oder eine besonders stark nachgefragte Stromproduktion infolge des vermehrten Einsatzes von Ventilatoren, Klimaanlage usw. Bei der Ausarbeitung der Notfallpläne sind mit Blick auf zukünftige Notfälle ebenso eine Verschiebung von Hitze- und Trockenheitsphasen innerhalb eines Jahres sowie stärker ausfallende, längere oder auch direkt hintereinander folgende Extremwetterereignisse zu beachten.
- ◆ **Personalpool:** Durch Einrichtung eines Personalpools für Notlagen soll in einer Region sichergestellt werden, dass bei Notfällen eine ausreichende Zahl an Einsatz-, Rettungs-, Pflege-, Koordinations- und Hilfskräften schnell vor Ort ist. Entsprechende vorbereitende Maßnahmen beinhalten – ähnlich wie beim Ausrüstungspool –, dass Kommunen, kooperierende Gemeinden, Behörden, Unternehmen usw. einen Überblick darüber haben, wie viele Personen, auf welchem Weg bei Bedarf schnell z.B. für Aufgaben des Bevölkerungsschutzes, aber auch der Logistik, Eigensicherung, Notversorgung, Notfallkommunikation und für benötigte Sicherungsmaßnahmen herbeigerufen werden können. Besondere Herausforderungen ergeben sich gegebenenfalls zusätzlich durch die erhöhte Arbeitsbelastung bei hohen Temperaturen, da Personen dann weniger belastbar sind, häufigere Pausen benötigen oder auch mehrere Einsätze wie z.B. bei sich ausbreitenden oder parallelen Waldbränden schnell aufeinander folgen. Wird im Rahmen dieser Bestandsaufnahme deutlich, dass die personellen Kapazitäten nicht ausreichen, sind zusätzlich

Maßnahmen zur Motivation, Rekrutierung und Ausbildung weiterer Personen zu ergreifen.

- ◆ **Polder:** Mit Poldern sind, meist eingedeichte, Retentionsgebiete in Flussnähe gemeint, die im Hochwasserfall geflutet werden, damit überschüssiges Wasser aufnehmen und es anschließend verspätet ablaufen und/oder versickern lassen. Diese oft natürlichen Gebiete unterliegen in der Regel einem Bebauungsverbot und Nutzungseinschränkungen. In der Zeit, in denen sie nicht überflutet sind, ist teilweise eine land- und viehwirtschaftliche Nutzung möglich. Da diese Flächen nach einer Flutung den Abfluss des Wasser aus der Region verlangsamen und die Verdunstung und Versickerung in der Region erhöhen, leisten sie in solchen Phasen einen Beitrag dazu, Wasser in der Region zurückzuhalten bzw. den Wasserstand zu regulieren. Sie beugen so – zumindest zeitweise – möglichen folgenden trockenen Zeiten mit vor. Ihr Erhalt, ihre Pflege und bei Bedarf auch die Einrichtung von Poldern kann daher ein Baustein nicht nur zur Stärkung des Hochwasserschutzes, sondern auch des Wasserrückhalts einer flussnahen Region sein.
- ◆ **Rückhaltebecken:** Mit Rückhaltebecken sind, im Gegensatz zu Poldern – als bewachsene, natürliche oder naturnahe Flächen – Auffangeinrichtungen technischer Art gemeint, die überschüssiges Wasser zwischenzeitlich speichern oder gezielt Wasser für trockenere Zeiten sammeln. Neben der Errichtung gehören auch Maßnahmen zur Wartung und Instandsetzung bestehender Rückhaltebecken und dazugehöriger Leitungen, Pumpen usw. zu Aktivitäten, die eine Regulierung des regionalen Wasserhaushalts unterstützen.
- ◆ **Schädlingsbekämpfung:** Wärmere Wetterbedingungen zu einzelnen Jahreszeiten oder über das gesamte Jahr hinweg, wie auch weniger Frosttage und trockenere Bedingungen können einerseits zum Auftreten von neuen, bisher nicht heimischen sogenannten invasiven Arten führen. Zum anderen können (Kultur-)Pflanzen und (Nutz-)Tiere durch trockene und heiße Wetterbedingungen derart geschwächt werden, dass sie ganz allgemein anfälliger für Schädlinge werden und deren Ausbreitung begünstigen. Daher sind in der Landwirtschaft, im Obst- und Gartenbau, der Forstwirtschaft oder der Natur eventuell Maßnahmen zur Eindämmung neuer oder vermehrt auftretender Schädlinge zu ergreifen, um Produktionsausfälle und Ernteverluste zu vermeiden. Zu Maßnahmen bei akutem Befall kommen teils aufwendige und kostspielige Maßnahmen zur Eindämmung der Ausbreitung invasiver Arten hinzu. Beispiele dazu sind die hochallergene Pflanze Ambrosia, der Asiatische Laubholzbockkäfer in der Forstwirtschaft oder die Asiatische Tigermücke, die als Überträger tropischer Krankheiten wie beispielsweise Malaria nicht nur für Tiere, sondern auch für den Menschen eine neue Gefahr darstellen kann.
- ◆ **Sorten-/Rassenwahl:** Klimatische Veränderungen hin zu höheren Temperaturen, zeitlich veränderten Niederschlägen oder längeren Phasen mit wenig bzw. gar keinem Niederschlag kann mit einer gezielten Sorten und Rassenwahl

teilweise begegnet werden. Die Wahl von Pflanzen und Tieren, denen große Hitze wenig ausmacht bzw. die weniger Wasser für ihr Wachstum benötigen, betrifft u.a. die Landwirtschaft, Viehzucht, den Obstanbau, den Waldumbau in der Forstwirtschaft, aber auch die Begrünung von Parks, Straßen und Innenstädten.

- ◆ **Stallungen:** Um bei Tieren unnötigen Stress zu vermeiden, sollten Stallungen an die sich verändernden Wetterbedingungen angepasst werden. Durch technische oder bauliche Maßnahmen kann für eine ausreichende Durchlüftung oder Kühlung in Ställen gesorgt werden, um im Innern zu hohe Temperaturen bzw. einen Hitzestau zu verhindern. Auf das Vermeiden von Zugluft und eine nachhaltige Umsetzung der Maßnahmen, d.h. einen möglichst geringen Energieverbrauch bei neu installierten Anlagen ist dabei zu achten.
- ◆ **Tränken:** Tiere benötigen bei starker Hitze und trockenem Futter mehr Wasser. Insbesondere auf Weiden und in Freigehegen, aber auch ganz allgemein in Ställen ist daher auf eine ausreichende Wasserversorgung zu achten, um Gesundheitsschäden und geringere Produktionsleistungen zu verhindern. Gegebenenfalls sind in besonders heißen Monaten zusätzliche Möglichkeiten zur Wasseraufnahme zu installieren oder ergänzende mobile Tränken aufzustellen.
- ◆ **Unterstände:** Mit zunehmend heißen Tagen und längeren Phasen großer Hitze steigt die Notwendigkeit, auch in Außenbereichen, d.h. in Freigehegen und auf Weiden Tieren die Möglichkeit zu geben, sich zur Abkühlung in den Schatten zurückzuziehen. Ergänzende Überdachungen sind daher eine Maßnahme, um Hitzestress bei Tieren zu verringern.
- ◆ **Verbrauchsreduktion:** In Hitzephasen kommt es in der Regel zu einer erhöhten Nachfrage nach z.B. Kühlwasser, Wasser für Pools und Schwimmbädern, zum Duschen und zur zusätzlichen Bewässerung in der Landwirtschaft oder in Parks und Gärten. Auch die Stromnachfrage kann aufgrund des vermehrten Einsatzes von Kühlgeräten wie Kühlschränken, Ventilatoren, Klimaanlage usw. steigen. Lange Trockenphasen können das Problem durch geringe Wasserstände in natürlichen Gewässern und Stauseen noch verstärken. Übersteigt die Nachfrage das Angebot an Strom und insbesondere an Wasser, d.h. drohen Versorgungslücken, dann sind von den Versorgern und verantwortlichen Behörden Maßnahmen zur Sicherstellung der Energie- und (Trink-)Wasserversorgung bzw. zum Erhalt der Wasserqualität zu ergreifen. Die Einschränkung des Verbrauchs kann dabei freiwillig über z.B. allgemeine Aufrufe zum Wassersparen oder zum zurückhaltenden Geräteeinsatz erfolgen. Bei besonderen Engpässen sind jedoch auch Zwangsmaßnahmen denkbar, wie z.B. Beschränkungen oder Verbote bei der Bewässerung im landwirtschaftlichen, öffentlichen oder privaten Bereich ebenso wie Verbrauchslimits für Gewerbetreibende, Industriebetriebe und/oder Haushalte. Die Begrenzung

der Kühlwasserentnahme aus natürlichen Gewässern aufgrund zu geringer Wasserstände oder zu hoher Wassertemperaturen zählt ebenfalls dazu.

- ◆ **Verhaltenshinweise:** Mit Verhaltenshinweisen ist gemeint, dass Menschen vor Ort Informationen dazu bekommen, wie sie sich in Zeiten ausgedehnter Trockenheit und Hitze verhalten können, um unnötige Belastungen für sich und andere sowie Gefahren für ihr Umfeld zu vermeiden. Wissen zum Selbstschutz kann sich z.B. auf Gefahren für Überhitzungen durch zu große körperliche Anstrengungen oder zu wenig trinken bei Hitze beziehen sowie auf eine verringerte hitzebedingte Achtsamkeit hinweisen. Unnötige Gefährdungen für sich und andere können u.a. die Folgen leichtsinnigen oder problemverschärfenden Handelns thematisieren, so z.B. einen sparsamer Wasserverbrauch bei Trockenheit oder das Auslösen von Waldbränden durch weggeworfene Zigaretten, Glas oder Entzündungen durch heiße Autoteile. Ebenso kann in der Region vermittelt werden, wie im Gefahrenfall angemessen zu handeln und im Schadensfall Hilfe zu leisten bzw. wo zu erhalten ist. Diese Informationen können sich teilweise mit dem Wissen zur Vorsorge überschneiden³³. Vorsorgehandeln geht allerdings über das direkte Verhalten der Menschen bei Extremereignissen deutlich hinaus und bezieht auch Anpassungen durch naturschutzbezogene, technische, (städte-)bauliche Maßnahmen usw. mit ein.
- ◆ **Vernässung:** Um zu verhindern, dass Wasser aus Flüssen und anderen Gewässern zu schnell aus der Region abfließt, können Vernässungsmaßnahmen durchgeführt werden. Sie leisten neben Poldern, Rückhaltebecken und der gezielten Steuerung durch Wehre usw. einen Beitrag dazu, in trockenen Zeiten mehr Wasser in der Region zu halten, es zu verdunsten oder zu versickern, was u.a. für die Grundwasserneubildung, Luft- und Bodenfeuchte von Belang ist. Bei Vernässungsmaßnahmen handelt es sich in der Regel um den Schutz oder die Wiederbelebung natürlicher bzw. naturnaher Lebensräume mit einem, über den Jahreszeitraum hinweg betrachteten Wasserüberschuss. Dazu zählen z.B. Moore, Auen, Bruchwälder, Sümpfe und Feuchtwiesen. Im Vergleich zu Poldern sind diese Flächen in der Regel über den Naturschutz hinaus nicht weiter nutzbar. Sümpfe, Feuchtwiesen, Auen und Bruchwälder können natürlich in Zeiten von zu viel Wasser dieses aufnehmen und u.a. für trockenere Zeiten zwischenspeichern, d.h. sie sind durch ihre Wasserrückhaltefunktion für Phasen von zu viel und zu wenig Wasser in der Region von Bedeutung.
- ◆ **Versicherungen:** Das Angebot bzw. der Abschluss von Versicherungen ist eine Maßnahme, die der Erstattung von hitze- oder trockenheitsbedingten Schäden z.B. in der Landwirtschaft, Forstwirtschaft, dem Obstanbau oder

³³ siehe Element Vorsorgewissen

auch bei Versorgungs- und Produktionsausfällen dient. Mit Blick auf zukünftig wahrscheinlich häufiger auftretende längere Phasen von Trockenheit, hohe Temperaturen und Trockenheit zu anderen Zeiten im Jahr oder vermehrten Hitzetage sind auch von Seiten der Versicherer ihre Versicherungslösungen anzupassen, sodass für Interessierte aus der Bevölkerung, dem Handel und Gewerbe, der Landwirtschaft usw. ein bezahlbares Angebot besteht, mit klar definierten Vorgaben und, wenn nicht anders umsetzbar, klar definierten Ausnahmen vom Versicherungsschutz.

- ◆ **Vorsorgewissen:** Bei der Vermittlung von Vorsorgewissen geht es um Informationen dazu, wie konkret und vorausschauend in der Region gehandelt werden kann, um die Risiken des Klimawandels und entsprechender Extremwetterereignisse zu begrenzen und die sich ergebenden Chancen nutzen zu können. Zu letzteren zählen z.B. eine längere Wachstumsperiode oder der Anbau neuer, wärmeliebenderer Kulturen in der Landwirtschaft, im Obstbau oder der Forstwirtschaft. Es geht also darum aufzuzeigen, wie Veränderungen im Sinne der Menschen vor Ort mitgestaltet werden können und welche Maßnahmen zur aktiven Anpassung an häufigere, längere oder intensivere Hitze- und Trockenheitsphasen ergriffen werden können, um die unerwünschten persönlichen, lokalen, regionalen und allgemeinen Auswirkungen zu begrenzen. Auch hier bieten sich je nach Personengruppe und Interesse ganz unterschiedliche Veranstaltungsformate wie z.B. Vorträge, Workshops, Thementage, Mitmachaktionen sowie verschiedene Medieninhalte wie Blogs, Videoclips, Wurfsendungen, Zeitungsartikel usw. zur Wissensvermittlung an.
- ◆ **Warn-Apps:** Warn-Apps sind eine spezielle Form der Warndienste. Diese Anwendungen für Smartphones können sowohl Professionelle, wie auch ganz allgemein Interessierte und Bürger nutzen, um – soweit das Telefonnetz intakt ist – zeitnah und weitgehend überall erreichbar über unmittelbare Gefahren informiert zu werden. Durch den hohen Abdeckungsgrad von Mobiltelefonen in der Bevölkerung lässt sich eine relativ hohe Zahl von Personen in vergleichbar kurzer Zeit durch z.B. Benachrichtigungen per SMS oder Messenger direkt erreichen.³⁴ Angebote zum Abruf von Informationen für spezielle Interessensgruppen, wie z.B. von Wetter- und Flächendaten durch Landwirte, könnten diese Angebote prinzipiell erweitern und so deren Verbreitung fördern und zugleich den Umgang mit Hitze und Trockenheit erleichtern.

³⁴ Eine Warn-App des Deutschen Wetterdienstes (DWD) warnt z.B. – teils kostenpflichtig – vor Gewittern oder hohen UV-Belastungen bzw. informiert über das Wärmeempfinden ([Link/Stand: 08/2018](#)). Die Warn-App KATWARN warnt neben zahlreichen weiteren Gefahrenlagen beispielsweise vor Wald- und Großbränden oder technischen Störungen ([Link/Stand: 08/2018](#)). Weitere Warn-Apps finden sich im Kapitel 6.4.2 bzw. 6.5.2 jeweils unter dem Maßnahmenelement Warn-App.

- ◆ **Warndienste:** Die Einrichtung bzw. die Nutzung von Warndiensten ist zum einen eine Maßnahme, um direkt vor oder während Extremwetterereignissen Einsatzkräfte zu mobilisieren, die Bevölkerung auf unmittelbare Gefahren hinzuweisen sowie Einsatz- und Rettungsabläufe effektiver zu organisieren. So können beispielsweise Einsatzkräfte über Behinderungen auf Zufahrtswegen informiert werden. Auch Informationen von etablierten Frühwarn- und Überwachungssystemen fallen in diese Kategorie, wie beispielsweise von automatisierten Waldbrandfrüherkennungssystemen, wie sie u.a. im Land Brandenburg zur flächendeckenden Beobachtung der Wälder eingesetzt werden.³⁵ Darüber hinaus dienen Warndienste im Vorfeld von Extremwetterereignissen dazu, die Bevölkerung und einzelne betroffene Gruppen in der Region auf bevorstehende Gefahrenlagen aufmerksam zu machen, sodass sie ihr Verhalten anpassen oder Sicherungsmaßnahmen ergreifen können. Speziell für den Bereich Hitze sind z.B. Warnungen vor sehr heißen Tagen und Nächten sinnvoll, die insbesondere Ältere, Kranke oder im Außenbereich arbeitende Personen auf hohe Temperaturen hinweisen und zusätzlich konkrete Verhaltenshinweise geben bzw. Anlaufstellen bei Problemen benennen. Ebenso können Einrichtungen und Beschäftigte des Gesundheits-, Pflege- und Rettungswesens direkt auf besondere gesundheitliche Belastungen hingewiesen werden, sodass sie sich frühzeitig auf steigende Patientenzahlen oder -belastungen einstellen können. Weitere Einsatzmöglichkeiten sind Warnungen vor Waldbränden bzw. einer erhöhten Waldbrandgefahr. Perspektivisch lassen sich Warndienste gegebenenfalls auch durch spezielle Angebote für einzelne Nutzergruppen ergänzen. Das könnten z.B. Messwerte zur Bodenfeuchte und andere flächenbezogene Informationen für Landwirte sein oder eine Übertragung von Echtzeitdaten für Einsatzkräfte bei Großbränden o.Ä. Als Wege zur Übermittlung der Informationen dienen z.B. Radio, Fernsehen und Internet³⁶. In bestimmten Fällen kann eventuell auf speziell eingerichtete Funkverbindungen, in Gemeinden gegebenenfalls noch installierte Lautsprechersysteme, Lautsprecherwagen oder auch klassische Informationsketten von Tür zu Tür zurückgegriffen werden.
- ◆ **Wehre:** Wehre dienen der Stauung und der Regulierung des Wasserstandes oder der Abflüsse von Gewässern. Maßnahmen wie die Errichtung, Wartung und Instandsetzung von Wehren leisten daher – häufig im Zusammenspiel mit

³⁵ vgl. Landesbetrieb Forst Brandenburg (2018) ([Link/Stand:08/2018](#))

³⁶ Das Land Bayern bietet beispielsweise einen Niedrigwasserinformationsdienst an, mit Informationen zu Abflusswerten und der Wassertemperatur von zahlreichen bayerischen Fließgewässern sowie Daten zu Niederschlägen, Grundwasserständen und Quellschüttungen oder den Wasserständen einzelner bayerischer Seen ([Link/Stand: 08/2018](#)). Ein anderes Beispiel sind die Warnkarten des Deutschen Wetterdienstes (DWD), über die bundesweit oder nach Bundesländern differenziert, u.a. vor großer Hitze, Gewittern oder einer besonders hohen UV-Strahlung gewarnt wird ([Link/Stand: 08/2018](#)).

Poldern, Rückhaltebecken, Vernässungen etc. – einen Beitrag zur Regulation des regionalen Wasserhaushalts nicht nur bei Trockenheit und Hitze.

5.4 Hochwasser und Starkregen

5.4.1 Probleme

Für den Kampf gegen Hochwasser und möglichst geringe Schäden durch Starkregenereignisse sind bestimmte Folgen des Klimawandels von besonderer Bedeutung. Dazu zählen jahreszeitliche Verschiebungen von Niederschlägen und die Häufigkeit von Regen ebenso wie sich verändernde Temperaturen. Auch die Stärke, d.h. Intensität der Niederschläge ist wichtig. Für Deutschland werden mildere Winter und weniger Frosttage vorhergesagt und es fällt voraussichtlich in den Wintermonaten mehr Regen, statt Schnee, welcher Wasser bindet und es so zunächst zurückhält, d.h. es erst nach dem Tauen abfließen lässt. Hochwasserabflüsse können u.a. daher regional mehr werden und kritische Pegel werden im Winter voraussichtlich häufiger erreicht. Zudem kann es ganz allgemein öfter zu einem sogenannten hundertjährigen Hochwasser mit sehr hohen Pegeln kommen. Die Sommer werden laut den Berechnungen der Klimamodelle hingegen heißer sowie trockener, was u.a. die Gefahr von Starkregen steigen lässt. Denn warme Luft nimmt mehr Feuchtigkeit auf, die sich dann z.B. in Form von Hitzegezeiten oder Starkniederschlägen entlädt.³⁷ Wichtige **Problemlagen** für den Bereich Hochwasser und Starkregen, die sich aus den genannten prognostizierten Wetterveränderungen ergeben, sind:

- ◆ **Überflutungen:** Stärkere Hochwasser und häufigere Starkregenereignisse steigern, bei fehlender Anpassung an diese, die Überflutungsgefahr für Flächen, Gebäude, Straßen, Industrieanlagen, Versorgungsleitungen usw. Hochwasser haben in der Regel längere Vorlaufzeiten. Ihr Auftreten lässt sich anhand von Wetterbeobachtungen, Wetterdaten, Erfahrungswerten und Pegelkontrollen vergleichsweise gut vorhersagen. Vorbereitende Maßnahmen können in den betroffenen Gebieten somit ergriffen werden. Im Vergleich zu starken Niederschlägen sind bei Hochwasser meistens größere Gebiete, d.h. teils ganze Landkreise in der Nähe großer Flüsse von Überschwemmungen betroffen oder zumindest durch sie gefährdet. Starkregen tritt hingegen lokal und weniger vorhersagbar auf, denn Gewitter- oder Starkniederschlagszellen haben nur eine Ausdehnung von wenigen Kilometern, wodurch durch nicht in ganzen Kreisen, sondern „nur“ einzelnen Orten oder deren Umgebung Schäden drohen.³⁸ Die besonderen Herausforderungen bei Starkregen sind daher die geringe zeitliche Vorhersagbarkeit und der Punkt, dass er überall

³⁷ vgl. adelphi/PRC/EURAC 2015 und BMUB 2016

³⁸ vgl. BMUB 2016

auftreten, d.h. auch abseits von Flüssen oder flussnahen Gebieten zu Überschwemmungen führen kann. Neben direkten Schäden an Gebäuden, Bewuchs, Versorgungsleitungen, Fahrzeugen usw. können Überschwemmungen – egal ob durch Hochwasser oder Starkregen hervorgerufen – auch die Wasserqualität negativ beeinflussen. Insbesondere bei Überflutungen großer Gebiete oder kritischer Stellen, wie z.B. Industrieanlagen oder landwirtschaftlich intensiv genutzten Flächen, können Reste von Öl, ausgetretene Flüssigkeiten, giftige Schlämme Gülle- oder Düngemittelrückstände usw. die Qualität von Flüssen, Gewässern wie auch Böden und gegebenenfalls Grundwässern, aufgrund des Rücklaufs oder der Versickerung belasteten Wassers, negativ beeinflussen.

- ◆ **Rutschungen:** Weniger Frosttage und mehr Niederschläge im Winter lassen Böden aufweichen, d.h. sie verlieren an Festigkeit. Versickerndes Wasser dringt in den Boden und gegebenenfalls auch in Fundamente ein, drängt durch Risse und Öffnungen und destabilisiert diese möglicherweise. Hinzu kommt die Kraft des Wassers selbst oder mitgeschwemmter Dinge bei starken Abflüssen von Regen- oder Oberflächenwasser. Insbesondere in Hanglagen können Auswaschungen und Rutschungen dann Schäden an Gebäuden, Verkehrswegen, Stallungen, Deichen, Schutzwällen usw. hervorrufen oder Bäume und Masten unterspülen. Im Gebirge stellen bei wassergesättigten Böden zudem Murgänge, d.h. der Abgang von Schlammlawinen, eine große Gefahr dar. Durch das feste mitgeführte Material tragen sie viel Energie in sich und entwickeln so eine große Zerstörungskraft. In den Sommermonaten können durch lange Trockenheit Trockenrisse im Erdreich entstehen, die eindringendem oder darüber hinweg strömendem Wasser Angriffsmöglichkeiten bieten. Die geringe Wasseraufnahmefähigkeit trockener Böden führt außerdem dazu, dass weniger Wasser versickert und so z.B. bei Starkregen mehr Wasser oberflächlich abfließt und/oder das Wasser Ablauf- bzw. Erosionsrinnen bildet, die dann durch Auswaschungen eventuell zu Schäden führen.
- ◆ **Bodenerosion:** Ablaufendes Wasser nimmt Bodenbestandteile mit, d.h. es kann zum Abtrag der bodenbedeckenden Streuschicht oder der oberen Bodenschicht kommen, die besonders viel Humus enthält. In dieser Schicht befinden sich viele, für Pflanzen wichtige Nährstoffe und sie bietet zahlreichen Lebewesen einen Lebensraum. Die Erosion von Böden durch fließendes oder als Niederschlag niedergehendes Wasser – sogenannte Spritzwassererosion – kann daher zur Verringerung der Bodenfruchtbarkeit führen und beispielsweise die Erträge von Landwirten verringern oder den Lebensraum von Bodenorganismen beeinträchtigen. Hanglagen und Gefälle im Gelände oder auf Ackerflächen begünstigen im Zusammenspiel mit starkem Regen bzw. intensivem Wasserabfluss die Bildung von Erosionsrinnen sowie das Verschieben von Boden. Dieser sammelt sich dann oft als Schlamm am

Hangende, in Mulden oder auf benachbarten Flächen an und mit ihm die ausgewaschenen Nähr- und auch Schadstoffe. Der weggeschwemmte Boden kann auch in angrenzende Gewässer gelangen, die dann durch Schwebstoffe oder die an die Bodenpartikel gebundenen Nähr- und Schadstoffe belastet werden können.³⁹

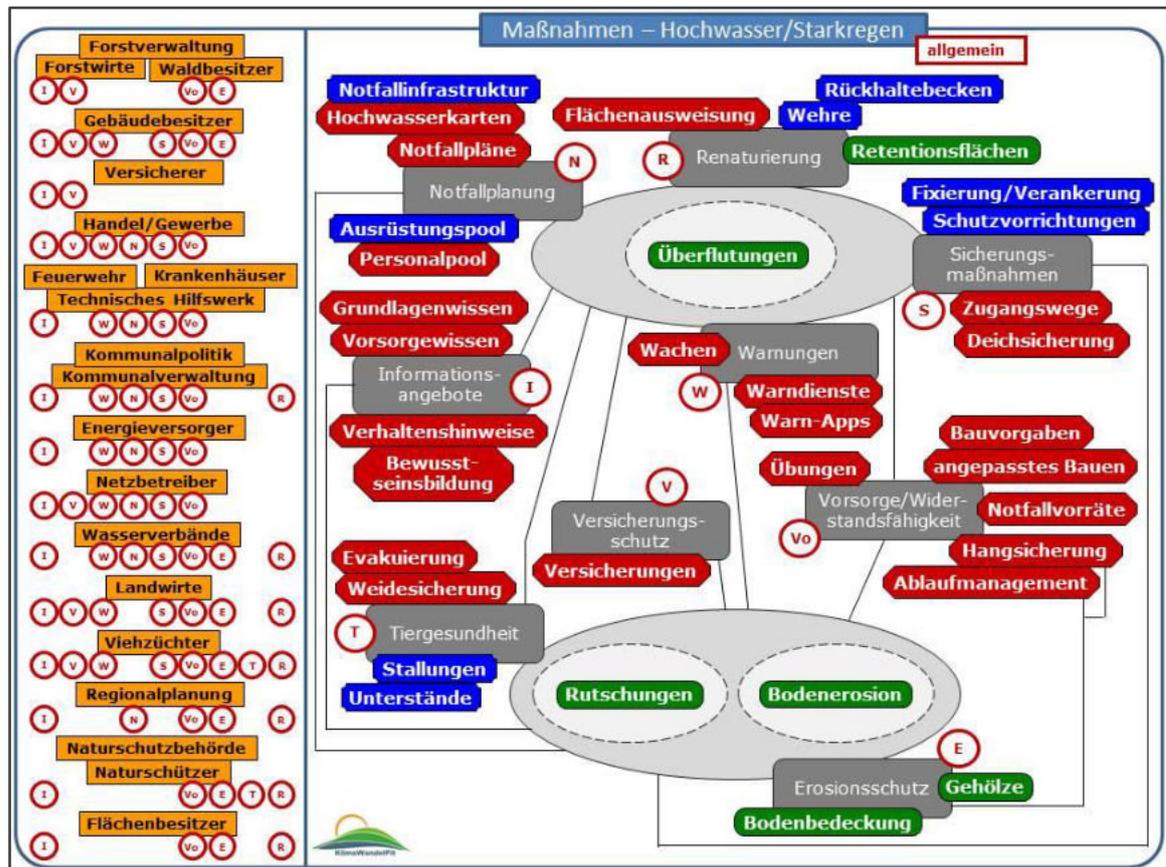


Abb. 6: Aktivitäten und Akteure im Bereich Hochwasser und Starkregen (Quelle: inter 3 GmbH)

5.4.2 Maßnahmen im Umgang mit Hochwasser und Starkregen

Die in der Kartierung zu Hochwasser und Starkregen enthaltenen Maßnahmen-elemente werden nun einzeln erläutert.⁴⁰ Dies geschieht jeweils in kurzer Form und alphabetischer Reihenfolge. Dabei wird nicht der Anspruch der Vollständigkeit erhoben. Vielmehr geht es angesichts der Vielfalt an Handlungsmöglichkeiten und Anwendungsorten um einen Überblick dazu, was mit den genannten Maßnahmen zur Anpassung an Hochwasser und Starkregenereignisse inhaltlich verbunden werden kann.

³⁹ vgl. UBA 2016 a

⁴⁰ Die Erläuterungen zu den kartierten Akteuren und Maßnahmenbereichen finden sich in den Kapiteln 6.1 und 6.2.

- ◆ **Ablaufmanagement:** Ablaufmanagement umfasst vorbereitende Maßnahmen zur gezielten Lenkung, Umlenkung und zeitweisen Stauung von überschüssigen Wassermengen, die als Folge von Hochwasser und Starkregen auftreten können. Ein Ablaufmanagement umfasst in der Regel nicht eine einzelne, sondern mehrere ineinandergreifende Maßnahmen, die dann im Zusammenspiel z.B. dem Schutz von Gebäuden und Straßen vor Über- und Unterspülungen oder dem Erosionsschutz auf landwirtschaftlich genutzten Flächen dienen. Ablaufende Wassermengen lassen sich u.a. durch Gräben, Ablaufrinnen, Mauern, Wassersperren und Deiche gezielt kanalisieren bzw. lenken. Hänge und abschüssiges Gelände können durch eine bestenfalls querverlaufende Geländestrukturierung und den Einsatz von Abfluss- und Drainagerohren entwässert werden. Sickergruben und bewusst angelegte Versickerungsflächen, die in Trockenzeiten z.B. als Wasserspeicher, Spielplatz oder Liegewiese genutzt werden können, gehören ebenso zu entsprechenden Maßnahmen, wie ein lokales Regenwassermanagement durch z.B. Zisternen oder speicherfähige, begrünte Dächer, die das vor Ort angefallene Wasser vermehrt auch dort versickern oder verdunsten lassen.

angepasstes Bauen: Angepasstes Bauen fasst Maßnahmen zusammen, bei denen durch bauliche Veränderungen die Widerstandsfähigkeit von Gebäuden, Verkehrswegen, Versorgungsleitungen usw. gegenüber ein- und vordringendem Wasser erhöht wird bzw. die damit verbundene Materialüberbelastungen verhindern helfen. Auch Gefahren für Menschen und Tiere oder den Ablauf von Produktionsprozessen sollen in diesem Zusammenhang durch bauliche Mittel reduziert und bestenfalls ganz verhindert werden. Im Gegensatz zum Ablaufmanagement steht somit nicht die Lenkung des Wassers, sondern die Stärkung der Widerstandsfähigkeit gegen auftretendes Wasser im Vordergrund. Ansatzpunkte für bauliche Anpassungen zur Verringerung von Hochwasser- und Starkregenschäden an Gebäuden, Straßen, Schienenwegen, Stadtmobiliar usw. sind z.B. Spuntwände, Rücklaufsperrventile, der Einsatz wasserfester Baumaterialien sowie erhöht gelegene Gebäudeeingänge, Kellerabdeckungen sowie Kellerabdichtungen. Über Versickerungsmulden, unterirdische Wasserspeicher usw. lässt sich bei der Straßen- und Grundstücksentwässerung überschüssiges Wasser auffangen und später kontrolliert ableiten. In sich anschließenden Trockenphasen kann es möglicherweise auch zur Wasserversorgung von Pflanzen und Bäumen eingesetzt werden. Hinzu kommt bei Neubauten die Wahl eines geeigneten Standorts, d.h. z.B. die Nutzung erhöhter Lagen – dann in Kombination mit einem guten Ablaufmanagement – oder die Berücksichtigung von Wetterseiten und Hanglagen.⁴¹

⁴¹ vgl. BMUB 2016

- ◆ **Ausrüstungspool:** Ein Ausrüstungspool hat zum Ziel, Einsatz-, Rettungs- und Hilfskräften bzw. freiwilligen Helfern in Notlagen schnell und in ausreichender Weise das benötigte Material und die notwendigen Gerätschaften zur Umsetzung von Maßnahmen z.B. der Gefahrenabwehr oder der Gebäude-, Sachgüter- und Personensicherung zur Verfügung zu stellen oder diese zeitnah und unkompliziert organisieren zu können. Das betrifft bei Starkregenereignissen und insbesondere Hochwasserlagen z.B. Fahrzeuge, Ausrüstungsgegenstände, Kommunikationsmittel, Ersatzteile, Medikamente Hygieneartikel und Verpflegung. Um dies zu erreichen, braucht es in den einzelnen oder miteinander kooperierenden Kommunen entsprechende Lager, Wartungskapazitäten und eine gute Vorplanung. Letzteres meint einen Überblick darüber zu gewinnen, was an Materialien bzw. Gerätschaften für den Hochwasser- bzw. Starkregeneinsatz in der Region benötigt wird und wo bzw. wie dieses bei Bedarf zur Verfügung gestellt werden kann. Zu entwickeln sind daher auch Organisations- und Besorgungsstrukturen, die u.a. ausreichende Pumpen, Notstromaggregate, Sperrwände, Deichstärkungs- und -reparaturkapazitäten berücksichtigen. Die Materialien und Gerätschaften zur Gefahrenabwehr und dem Eigenschutz der Einsatzkräfte können natürlich auch für Vorsorgemaßnahmen im Vorfeld bzw. für Aufräumarbeiten im Nachgang von Extremwetterereignissen herangezogen werden, solange die Einsatzbereitschaft für Notfälle gesichert bleibt.
- ◆ **Bauvorgaben:** Mit Bauvorgaben sind Vorgaben gesetzlicher oder baurechtlicher Art für Flächen gemeint, auf denen gebaut werden soll oder bei denen bauliche Veränderungen geplant sind. Im Rahmen der Vorsorgeaktivitäten gegen Hochwasser und die Auswirkungen von Starkregenereignissen können Bauvorgaben Ausschlussgebiete und bauliche Einschränkungen für von Überschwemmungen besonders betroffene Flächen vorsehen, weil diese Flächen z.B. nah an Flüssen oder in tiefergelegenen Gebieten liegen. Entsprechende Vorgaben zielen z.B. darauf ab, Flüssen mehr Raum in Form von Überflutungsflächen zu bieten und die Gefahren durch Überflutungen für Menschen zu senken bzw. vorhersehbare und besonders wahrscheinliche Schäden von vornherein auszuschließen. Möglich sind ebenso Vorgaben im Falle einer Bebauung, d.h. dass bei einer Nutzung entsprechender Flächen z.B. besondere Schutzvorkehrungen gegen Überschwemmungen eingehalten werden müssen, der Zugang auch in Zeiten hoher Wasserpegel gewährleistet sein muss oder ein bestimmter Anteil nichtversiegelter Flächen vorgeschrieben ist, um den Oberflächenabfluss zu begrenzen bzw. eine angemessene Versickerung und Verdunstung zu ermöglichen. Hinzu kommen Haftungsbeschränkungen oder -ausschlüsse, wenn sich Personen trotz der Gefahren bewusst für eine Flächennutzung oder grundsätzlich erlaubte Bebauung entscheiden. Betroffene können dann im Schadensfall z.B. keinen Versicherungsanspruch geltend machen oder möglicherweise von staatlichen Unterstützungsmaßnahmen ausgeschlossen sein.

- ◆ **Bewusstseinsbildung:** Maßnahmen zur Bewusstseinsbildung zielen darauf ab, die Problem- und Lösungswahrnehmung in der Region sowie das Wissen um die Zusammenhänge von Klimawandel und eigenem Handeln zu stärken, sodass die Menschen vor Ort zukünftig sensibler auf veränderte natürliche Lebensbedingungen schauen, Veränderungen z.B. der Niederschlagsverhältnisse früher wahrnehmen können und Anpassungsideen oder Schutzlösungen entsprechend mit im Bewusstsein verankert sind. Bewusstseinsbildende Aktivitäten nutzen häufig zuvor vermitteltes Grundlagenwissen⁴² und bauen auf diesem auf. Sie stärken und vertiefen oft das zuvor erlernte Wissen, indem sie es z.B. konkret anwenden oder mittels Beispielen wiederholen. Nicht selten wird das Grundlagenwissen daher zusammen mit den Fähigkeiten zur sensibleren Wahrnehmung gemeinsam vermittelt. Mögliche Formate zur Stärkung des regionalen Bewusstseins sind u.a. gemeinsame Erkundungen der Region⁴³, Diskussionsveranstaltungen, Thementage und Mitmachaktionen, aber auch Informationsflyer für Haushalte, lokale und regionale Beratungsangebote sowie Radiobeiträge oder Videoclips im Internet.
- ◆ **Bodenbearbeitung:** Nicht versiegelte Flächen sind in der Lage, Wasser aufzunehmen, was den Oberflächenabfluss überschüssigen Wassers verringert, die Grundwasserneubildung fördert und gegebenenfalls die Gefahr von Überflutungen senkt. Über die Bodenbedeckung, die Bodenbeschaffenheit und die Strukturierung von Flächen kann Einfluss auf die Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens und das Wegschwemmen von Humus und Bodensedimenten genommen werden. In der Landwirtschaft verringert z.B. eine stete Bodenbedeckung durch Nutzpflanzen oder Zwischenfrüchte die Erosionsgefahr. Die pfluglose Bodenbearbeitung stärkt die Infiltration, d.h. das Eindringen von Niederschlägen in den Boden. Wasser versickert, verdunstet weniger und wird so für trockenere Zeiten vorgehalten, anstatt schnell abzufließen. Bei wasseraufnahmefähigen Böden steigen Flusspegel nach starken Niederschlägen z.T. weniger schnell an und Gewässer werden durch weggeschwemmte Nähr-, Schweb- und Schadstoffe geringer belastet. Auf Flächen vorhandene Drainagesysteme und zuvor gefallene Niederschläge, d.h. die jeweilige Sättigung des Bodens mit Wasser, beeinflussen diese Prozesse. Strukturell können beispielsweise durch eine Flächenbewirtschaftung quer zur Hanglage, das Anlegen von Querdämmen z.B. im Kartoffelanbau oder durch

⁴² siehe Element Grundlagenwissen

⁴³ Beispielhaft für die Region Uebigau-Wahrenbrück im Südwesten des Landes Brandenburg hat KlimaWandelFit ein sogenanntes Erlebnismodul entwickelt. Über eine Tour in der Region lassen sich verschiedene Aspekte des regionalen Klimawandels und der Anpassung an diesen vor Ort erleben. Grundsätzlich kann das Erlebnismodul auch als Beispiel für andere Regionen mit ähnlichen Herausforderungen dienen, d.h. es ist – mit den notwendigen Anpassungen auf die jeweilige Zielregion – auch auf weitere Regionen übertragbar. Mehr Informationen finden Sie auf der Webseite www.klimawandelfit.de.

integrierte Sickermulden stärkere Niederschläge zurückgehalten und damit verbundene Ausspülungen gesenkt werden. Naturschutzfachliche Maßnahmen wie Blüh-, Gras- und Grünstreifen oder die Teilung von Schlägen sind weitere flächenstrukturierende Elemente eines vorbeugenden Erosions- und gegebenenfalls auch Hochwasserschutzes.⁴⁴

- ◆ **Deichsicherung:** Zu den Maßnahmen bei konkreten Hochwasser- bzw. Überflutungsgefahren zählt die Sicherung der Funktionsfähigkeit bestehender Deichanlagen. Bei hohen Wasserständen ist beispielsweise eine Verstärkung oder Stützung durch Sandsäcke oder Kiesschüttungen geboten. Beschädigte Deiche können zwischenzeitlich, d.h. bis zur vollständig durchgeführten Deichsanierung z.B. durch zusätzliche Spundwände stabilisiert werden. Auch zu errichtende Ersatzdeiche und zusätzliche Wassersperren, der Einsatz von Pumpen oder gegebenenfalls das gezielte Öffnen bzw. Durchbrechen von Deichen an geeigneten Überflutungsstellen, als Reaktion auf zu hohe Wasserdrücke, zählen zu Deichsicherungsmaßnahmen im Rahmen der direkten Gefahrenabwehr.⁴⁵
- ◆ **Evakuierung:** Bei Hochwassergefahr oder drohenden bzw. eingetretenen Überschwemmungen von Weideflächen, Ställen, Unterständen usw. sind bei Bedarf Maßnahmen zur Evakuierung der dort befindlichen Tiere einzuleiten, um sie vor Verletzungen zu schützen oder dem Ertrinken zu retten. Gefahr kann in Hanglagen auch von Rutschungen ausgehen, die z.B. durch herablaufendes Wasser oder durchweichte Böden entstehen. Viehbesitzer sind daher angehalten, im Vorfeld von Hochwasser- oder Starkregenereignissen Evakuierungskonzepte zu erarbeiten, die u.a. enthalten, auf welchen Flächen Gefahren drohen, welche Ausweichflächen und Stallungen zur zeitweisen Unterbringung genutzt werden können, welcher Fahrzeuge, Gerätschaften und Helfer es für den Transport und die Betreuung bedarf oder wo und wie diese zeitnah bereitzustellen sind.
- ◆ **Fixierung/Verankerung:** Unter Fixierung und Verankerung werden Maßnahmen verstanden, die der Sicherung von Gegenständen, Fahrzeugen, Gebäuden, Anbauten, Bäumen, Masten usw. gegen wasserbedingtes Losreißen, Aufschwimmen, Wegtreiben und damit gegen die Kraft des strömenden und eindringenden Wassers bzw. gegen mitgeschwemmte Gegenstände dienen. Betroffen können ebenso Schiffe auf dem Wasser, Landmaschinen auf Feldern, Öl- oder Gastanks im Gebäudeinneren, in Vorgärten und auf Industriegeländen oder im Außenbereich gelagertes Material sowie Baumstämme in Wäldern sein. Mit Hilfe zusätzlicher Ver-

⁴⁴ vgl. Billen et al. 2007 und Sieker et al. 2007

⁴⁵ vgl. u.a. Lfu 2010 und THW 2001

ankerungen, stärkerer Seile, von Gewichten oder auch Über- und Einbauten können die genannten Gegenstände z.B. an ihrem Platz gehalten werden.

- ◆ **Flächenausweisung:** Die Flächenausweisung ist eine Maßnahme zur Festlegung von Flächen, die für die Umsetzung von Renaturierungsmaßnahmen benötigt werden bzw. die dafür konkret eingesetzt werden können. Dazu müssen geeignete Flächen gefunden und deren Verfügbarkeit geprüft werden, d.h. die Überlassung zur Nutzung und Pacht oder durch Ankauf ist zuvor zu klären. Nicht selten handelt es sich dabei um Kompromisslösungen, die z.B. Ausgleichszahlungen, Alternativflächen oder auch kombinierte und zeitweise Nutzungsoptionen beinhalten. Eine professionelle Moderation kann bei Bedarf die Suche nach entsprechenden Kompromissen erleichtern. Mit Blick auf weniger umfangreiche Maßnahmen lassen sich im Bereich Hochwasser- und Überschwemmungsschutz auch einzelne, kleinere Flächen zum zeitweisen Auffangen von Wasser oder zur Versickerung ausweisen, wie z.B. in Siedlungen oder Innenstädten, die dann in normalen Zeiten als Teiche, Tümpel oder Wiesen kleinere Biotopzusammenhänge bilden.
- ◆ **Gehölze:** Bäume und Sträucher, einzeln gepflanzt oder in Form von Randstreifen, Hecken, Baumgruppen und größeren Aufforstungen sind eine Maßnahme zum Schutz vor Bodenerosion. Die Wurzeln der Pflanzen stärken den Bodenrückhalt und die Biomasse z.B. in Form von fallendem Laub trägt zur Bodenbedeckung und zur Bildung von Humus bei. Wenn Wasser über entsprechend bepflanzte Böden abläuft, werden so insbesondere fruchtbare Bodenpartikel zurückgehalten statt weggeschwemmt und die Gefahr von sich ausbildenden Erosionsrinnen sinkt.
- ◆ **Grundlagenwissen:** Das Verständnis für den Klimawandel und aktives Handeln zur Stärkung der Widerstandsfähigkeit in der Region wird unterstützt, wenn die Menschen in der Region ein grundsätzliches Wissen zu den Ursachen und Folgen des Klimawandels bzw. spezieller zu den möglichen Veränderungen im Auftreten von Hochwasser und Starkregen besitzen. Es gilt, die allgemeinen Zusammenhänge von Klima, Wetter und globalen wie regionalen Einflüssen zu kennen, um passgenau reagieren und handeln zu können.⁴⁶ So ist es beispielsweise wichtig zu verstehen, was sich durch den Klimawandel in der eigenen Region verändert, dass sich z.B. der Niederschlag innerhalb eines Jahres tendenziell vom Sommer in den Winter verschiebt, Schnee seltener fällt und Frosttage voraussichtlich zurückgehen, was z.B. die

⁴⁶ Als Einstieg in das Themenfeld und zur Vermittlung von Grundlagenwissen zum Klimawandel, zum Klimaschutz und zur Anpassung an Klimawandelfolgen bietet KlimaWandelFit ein Grundmodul an, das auch verschiedene Quellen zur Vertiefung des dort vermittelten Wissens enthält. Personen, die in ihrer Region Basiswissen dazu vermitteln wollen, können sich mit diesem Grundmodul eigenständig das Wissen zu den genannten Themen erarbeiten und dieses dann entsprechend regional weitergeben. Das Grundmodul finden Sie auf der Internetseite www.klimawandelfit.de.

Gefahr von Winterhochwasser steigen lässt. Durch höhere Temperaturen im Sommer nimmt hingegen die Wahrscheinlichkeit für Hitzegewitter mit starken Niederschlägen zu. Dieses nötige Grundlagenwissen kann beispielsweise über Veranstaltungen wie Vorträge, Diskussionen und Thementage vermittelt werden oder über das geschriebene und gesprochene Wort, d.h. u.a. über Artikel, Broschüren, Bücher sowie Blogbeiträge, Sendungen und Videoclips im Fernsehen, im Radio oder im Internet.

- ◆ **Hangsicherung:** Hänge, Vorsprünge, Gruben oder ganz allgemein abfallendes Gelände können aufgrund des Aufweichens des Bodens oder auf der Oberfläche ablaufenden Wassers nach z.B. starken Niederschlägen oder durch Überflutungen destabilisiert werden. Durch gezielte Vorsorgemaßnahmen lässt sich die damit einhergehende Gefahr von Rutschungen und Abbrüchen vermeiden oder zumindest verringern. Ansatzpunkte sind u.a. eine senkrecht zur Hangrichtung verlaufende Bodenbearbeitung oder entsprechende Weg- und Straßenführungen, die Stabilisierung durch zusätzliche Fundamente, Spundwände oder in den Boden getriebene Pfähle sowie auf der Oberfläche verlegte Gitternetze, wie sie z.B. an Straßen- und Schienenböschungen auch gegen Steinschlag eingesetzt werden. Mauern und die Errichtung von Terrassen sowie ein ausreichender Bewuchs insbesondere durch Pflanzen mit einem ausgeprägten Wurzelwerk sind weitere Maßnahmen zur Hangsicherung. Sinnvoll ist dabei die Kombination mit einem guten Ablaufmanagement⁴⁷, um die destabilisierende oder erosionsfördernde Wirkung des überschüssigen Wassers zusätzlich einzudämmen.
- ◆ **Notfallinfrastruktur:** Da Hochwasser weite Gebiete betreffen kann, sind Ausfälle von Infrastrukturen wie Telefon, Internet, der Strom-, Wärme- und Wasserversorgung oder auch die Unterbrechung von Verkehrswegen in einem größeren Umfang möglich. Auf diese Ausfälle müssen Einsatz- und Hilfskräfte und insbesondere auch die koordinierenden Leitstellen vorbereitet sein. Für großflächige Ausfälle sollten daher konkrete Planungen für alternative Arten der Kommunikation und überschwemmungssichere Transport- und Versorgungswege vorhanden sein, um z.B. Sicherungs- und Rettungsarbeiten nicht zu gefährden, den Einsatzkräften eine ausreichende Abstimmung untereinander zu ermöglichen und ganz allgemein die entsprechenden, mit dem Ausfall einhergehenden Einschränkungen bzw. Gefahren möglichst gering zu halten. Mit Blick auf den Klimawandel sind in diesen Plänen insbesondere die Auswirkungen veränderter Temperaturen, die Stärke, Art und jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge und die damit verbundenen möglichen zeitlichen Verschiebungen von Hochwassereintritten zu berücksichtigen.

⁴⁷ siehe Element Ablaufmanagement

- ◆ **Notfallpläne:** Um in Notsituationen angemessen, schnell und geordnet handeln zu können, sollten Behörden, Unternehmen, Einsatzstäbe, Energieversorger usw. ausgearbeitete Notfallpläne bereitliegen haben. In diesen muss der Umgang mit den jeweiligen Gefahren von Starkregen und Hochwasser festgeschrieben sein und die Pläne sollten zugleich Ersatzmaßnahmen nicht nur für mögliche Ausfälle der Kommunikations- und Versorgungsinfrastruktur beinhalten.⁴⁸ Darüber hinaus sind in diesen umfassenden Festlegungen und Vorausplanungen für Notfälle auch Probleme beim Personal, beim Material, bei der Versorgung von Einsatzkräften, Bürgern, Patienten etc. zu berücksichtigen oder Ausfälle bei Produktionsprozessen durch beispielsweise eine fehlende Strom- und Wasserversorgung sowie unterbrochene Lieferwege in den Blick zu nehmen. Hinzu kommen direkte Gefahren für Menschen, Gebäude, Sachwerte, Bäume usw., die z.B. durch Unterspülungen, Überflutungen, Treibgut, Muren, Deichbrüche und Lecks an Tanks entstehen können. Insbesondere bei Einsätzen im Sommer und in Phasen besonders aufgeweichter und damit instabiler bzw. schwer begehbarer Böden ist zudem vermehrt auf den Eigenschutz und auf hitzebedingte gesundheitliche Belastungen zu achten. Die Bewertung der zukünftigen Gefahren von Hochwasser und Starkregen sollte vor dem Hintergrund der möglichen Verstärkung und einem eventuell häufigeren Auftreten bzw. Aufeinanderfolgen von Hochwasser und Starkregen erfolgen sowie, wie auch beim Ausfall der Infrastrukturen, die zeitliche Verschiebung innerhalb des Jahres in angemessener Weise berücksichtigen. Wichtige Hinweise für die Betroffenheitsanalyse und zukünftige Ereignisse können Datenaufzeichnungen bzw. -speicherungen während der Hochwasser- und Starkregenereignisse geben bzw. eine nachträgliche Analyse zu den entscheidenden Einflussfaktoren, Entstehungszusammenhängen, dem Verhalten von Betroffenen oder dem Funktionieren der (Notfall-)Infrastrukturen selbst.
- ◆ **Notfallvorräte:** Insbesondere bei länger andauerndem Hochwasser oder wenn weite Teile der Region von Überschwemmungen betroffenen sind, kann es Situationen geben, in denen auf Vorräte oder Notfallausrüstungen zum Einsatz kommen müssen, wie z.B. bei Zwangsevakuierungen im Hochwasserfall oder bei von Wasser eingeschlossenen und zeitweise nicht erreichbaren Orten. Notversorgungspakete für Privathaushalte sollten u.a. Essen, Getränke und Wasser für bis zu zwei Wochen enthalten sowie wichtige Medikamente, Hygieneartikel, Decken, Kerzen, Batterien, eine Taschenlampe, ein Radio für Notfallinformationen und persönliche Ausweisdokumente.⁴⁹ Aber auch für Unternehmen, Versorgungsbetriebe oder Gewerbetreibende kann eine Bevorratung selbst dann hilfreich sein, wenn sie nicht direkt vom Starkregen oder

⁴⁸ siehe Element Notfallinfrastruktur

⁴⁹ vgl. beispielhaft BBK 2017

Hochwasser, sondern nur von den Folgen dessen betroffen sind. Vorräte bzw. eine Lagerung wichtiger Produktionsrohstoffe oder Waren im Fall unterbrochener Lieferwege und -ketten gehören z.B. ebenso dazu wie Notstromaggregate oder Wasservorräte bei einem entsprechenden Versorgungsausfall.

- ◆ **Personalpool:** Durch Einrichtung eines Personalpools für Notlagen soll in einer Region sichergestellt werden, dass bei Notfällen eine ausreichende Zahl an Einsatz-, Rettungs-, Pflege- und Hilfskräften schnell vor Ort sein kann. Entsprechende vorbereitende Maßnahmen beinhalten – ähnlich wie beim Ausrüstungspool –, dass Kommunen, kooperierende Gemeinden, Behörden, Unternehmen usw. einen Überblick darüber haben, wie viele Personen, auf welchem Weg bei Bedarf schnell z.B. für Aufgaben des Bevölkerungsschutzes, aber auch der Logistik, Eigensicherung, Notversorgung, Notkommunikation und für benötigte Sicherungsmaßnahmen herbeigerufen werden können. Besondere Herausforderungen können sich z.B. bei Hochwasser- oder Starkregeneinsätzen im Sommer ergeben, weil Personen bei Hitze weniger belastbar sind und häufiger Pausen benötigen. Auch aufgeweichte Böden im Herbst oder Frühjahr können die Belastungen und die Anforderungen an den Eigenschutz für Hilfs- und Einsatzkräfte erhöhen und so zu einem höheren Personalbedarf führen. Wird im Rahmen dieser Bestandsaufnahme deutlich, dass die bestehenden personellen Kapazitäten nicht ausreichen, sind zusätzlich Maßnahmen zur Motivation, Rekrutierung und Ausbildung weiterer Personen zu ergreifen.
- ◆ **Retentionsflächen:** Retentionsflächen sind an Fließgewässer angrenzende natürliche Biotope oder durch den Menschen geschaffene naturnahe Flächen, die im Hochwasserfall überflutet werden. Der Fluss gibt dann Teile seines Wassers an die Umgebung ab, wodurch sich Hochwasserspitzen verringern. Das von den Retentionsflächen aufgenommene Wasser fließt später wieder in den Fluss zurück oder versickert zum Teil. Im Gegensatz zu stetig vernässten Flächen wie z.B. Sümpfen, Feuchtwiesen und Auen, die dennoch zusätzliches Wasser aufnehmen können, sind weitgehend trockenliegende Flächen häufig außerhalb von Überschwemmungen z.B. land- und forstwirtschaftlich nutzbar. Sie unterliegen in der Regel jedoch einem Bebauungsverbot oder zumindest Nutzungseinschränkungen. Da diese Flächen nach einer Flutung den Abfluss des Wasser aus der Region verlangsamen und die Verdunstung und Versickerung in der Region erhöhen, können sie zusätzlich zum Hochwasserschutz einen Beitrag zur Regulierung des Wasserstands in Gewässern sowie zur Grundwasserneubildung leisten, um so – zumindest zeitweise – eventuell folgenden trockenen Zeiten vorzubeugen. Der Erhalt, die Pflege und bei Bedarf auch die Renaturierung natürlicher bzw. die Einrichtung durch den Menschen genutzter Retentionsflächen ist daher ein wichtiger Baustein zur Stärkung des Hochwasserschutzes und bestenfalls auch des Wasserrückhalts in flussnahen Regionen.

- ◆ **Rückhaltebecken:** Mit Rückhaltebecken sind, im Gegensatz zu natürlichen oder naturnahen Retentionsflächen, Auffangeinrichtungen technischer Art gemeint, die überschüssiges Wasser zwischenzeitlich speichern oder teilweise auch gezielt Wasser für trockenere Zeiten sammeln. Neben deren Errichtung gehören Maßnahmen zur Wartung und Instandsetzung bestehender Rückhaltebecken zu den Aktivitäten, die bei Überflutungen oder starken Niederschlägen der Schadensabwehr dienen und die gleichzeitig zur Regulierung des regionalen Wasserhaushalts eingesetzt werden können.
- ◆ **Schutzvorrichtungen:** Mit Schutzvorrichtungen sind Maßnahmen gemeint, die der direkten Gefahrenabwehr vor zu viel Niederschlags- oder Flusswasser dienen. Dazu zählen z.B. kurzfristig aufzubauende mobile Spundwände, Wasserbarrieren sowie Fenster-, Kellereingangs- und Türabdeckungen, die vor eindringendem Wasser schützen bzw. das Eindringen wenigstens begrenzen. Das Aufstellen von Pumpen und die Errichtung von Abflussrinnen zur gezielten Wasserlenkung gehören ebenso dazu, wie der Aufbau teilinstallierter Hochwasser- oder Überflutungsschutzvorrichtungen. Letzteres meint beispielsweise das Schließen von Mauerdurchgängen durch wasserdichte Tore oder das Aufstellen von Wasserrückhaltewänden, deren Fundamente und Halterungen bereits im Boden oder an Gebäuden eingelassen sind.
- ◆ **Stallungen:** Bei Stallungen gilt, wie bei allen Gebäuden, dass sie baulich starkem Regen trotzen sollten, vor Überschwemmungen oder Unterspülungen zu sichern sind und bei ihrer Neuerrichtung, die Standorteignung bzw. die Geländetopographie zu berücksichtigen ist. Gerade weil die Evakuierung vieler Tiere sehr aufwendig sein kann, ist auf z.B. Hanglagen oder Überflutungswahrscheinlichkeiten zunehmend Rücksicht zu nehmen, um damit verbundene Gefahren wie eindringendes Wasser, Muren und Flutungen möglichst ausschließen oder begrenzen zu können. Auch durch bauliche Vorkehrungen wie Wassersperren, Schutzwände oder die Erhöhung von Eingangsbereichen lassen sich extremwetterbedingte Gefahren für Tiere und ihre Betreuenden verringern. Kommt es dennoch zum Eindringen von Wasser oder starken Wasseransammlungen in der Umgebung von Ställen, sollten diese Bereiche – wenn möglich – schnell entwässert oder abgepumpt werden, um Gebäudeschäden zu begrenzen und die Infektionsgefahr durch z.B. Insekten und Parasiten, die sich im Wasser aufhalten oder vermehren, zu senken.
- ◆ **Überflutungskarten:** Überflutungskarten sind Landkarten oder Geoinformationssystemanwendungen (GIS-Anwendungen), in denen überflutungsgefährdete Bereiche einer Region oder Orte mit besonderem Schadensrisiko bei Überschwemmungen eingetragen sind. Hochwasserrisiko- oder Hochwassergefahrenkarten für flussnahe Bereiche werden von den zuständigen Landesbehörden aller Bundesländer bereitgestellt. Sie zeigen die Überflutungsflächen für unterschiedlich starke Hochwasser an, d.h. für Hochwasser mit bestimmten Abflussmengen, die statistisch z.B. nur alle 10, 20 oder 100 Jahre

(HQ10, HQ20, HQ100) vorkommen.⁵⁰ In Zukunft werden Hochwasser mit besonders hohen Pegeln vermutlich häufiger auftreten. Daher sollten entsprechende Karten und auch bisher eher seltene Pegelstände fester Teil der Risikoanalyse sein, die den regionalen Einsatzkräften eine angemessene Notfallplanung ermöglichen. Im Gegensatz zu den Hochwasserkarten gibt es Überschwemmungskarten für Starkregensimulationen, d.h. Starkregensrisikokarten noch nicht in allen Regionen. Allerdings sind immer mehr Kommunen für Gefahren, die von Starkregen, d.h. sehr intensiven Niederschlägen ausgehen, sensibilisiert und lassen entsprechende Karten erstellen. Nicht immer werden diese allerdings auch veröffentlicht.⁵¹ Wenn es Karten zu Starkregensrisiken nicht gibt oder ergänzende Informationen für die Notfallplanenden nötig sind, so können – gerade für Personen, die besonders erfahren oder mit der Region und den dortigen Bodenverhältnissen sehr vertraut sind – eventuell auch detaillierte Gelände- oder Höhenkarten Hinweise auf erhöhte Gefahrenlagen vor Ort geben.

- ◆ **Übungen:** Simulationen und theoretische Besprechungen von wasserbezogenen Extremwetterereignissen sind hilfreiche und sinnvolle Vorbereitungsmaßnahmen im Rahmen der Notfallplanung. Sie können jedoch nicht die gleichen praxisbezogenen Erkenntnisse, Erfahrungen und Lerneffekte bieten, wie konkrete Übungen. In einzelnen Übungsstunden oder auch Großübungen lassen sich ausgesuchte Einsatzaspekte, die Handhabung von Materialien und Geräten oder ganze Notfall- und Einsatzsituationen simulieren, durchspielen und so üben. Die ausreichende praktische Übung ist daher ein wichtiger, wenn auch häufig zeit- und ressourcenaufwendiger Bestandteil eines zukunfts-fähigen Notfallvorsorgekonzepts. Denn die Notfall- und Ablaufübungen können konkrete Probleme in der Zusammenarbeit, bei der Ausstattung oder der Problemwahrnehmung aufzeigen. Sie fördern zudem die praktischen Fähigkeiten der Beteiligten und stärken so die effiziente Schadensabwehr im Ernstfall. Trainings müssen sich dabei nicht nur auf professionelle Einsatzkräfte oder Hilfskräfte bei Großschadensereignissen beziehen. Auch der Hausbesitzer, Viehzüchter oder Mitarbeiter eines Gewerbebetriebs kann die Anwendung eigener Schutzmaßnahmen üben oder Abläufe gemeinsam mit Mitarbeitern oder Kollegen durchspielen.
- ◆ **Unterstände:** Bei Unterständen für Tiere, die in Außengehegen stehen, geht es einerseits darum, dass die Unterstände selbst baulich so gestaltet sind,

⁵⁰ Die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) stellt auf ihrem Geoportal „Überflutungsszenarien der HWRMRL-DE“ Hochwasserkarten kostenfrei zur Verfügung. Dieses Portal fasst für Deutschland die Hochwasser- und Risikokarten der zuständigen Behörden in den einzelnen Bundesländern gemäß der EG-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (2007/60/EG, HWRM-RL) zusammen. Zu erreichen ist das Portal unter diesem [Link](#) (Stand: 08/2018).

⁵¹ Vgl. u.a. BBSR 2016 und LUBW 2016.

dass sie durch z.B. sehr starkem Regen oder Unterspülungen nicht Schaden nehmen, instabil werden und schlimmstenfalls die Gesundheit der Tiere bedrohen. Auch eine gezielte Standortwahl entsprechend der mit Überflutungen und Hangabflüssen verbundenen Gefahren ist wichtig. Andererseits können z.B. auf Weiden aufgestellte Unterstände den Tieren als direkter Schutz vor Starkregen und im Sommer natürlich auch vor zu großer Hitze dienen.

- ◆ **Verhaltenshinweise:** Mit Verhaltenshinweisen ist gemeint, dass Menschen vor Ort Informationen dazu bekommen, wie sie sich bei Hochwasser- und Starkregenereignissen verhalten sollen, um unnötige Belastungen für sich und andere sowie Gefahren für ihr Umfeld zu vermeiden. Wissen zum Selbstschutz kann sich z.B. auf Gefahren durch mitgeschwemmtes Treibgut, instabile Gebäude bzw. Gebäudeteile oder das Verhalten bei notwendigen Evakuierungen beziehen. Unnötige Gefährdungen für sich und andere können u.a. auch die Folgen leichtsinnigen oder problemverschärfenden Handelns thematisieren, so z.B. Hochwassertourismus, das Begehen von überfluteten Brücken und beschädigten Gebäuden oder eine zu große Nähe zu stark strömendem Wasser. Ebenso kann in der Region vermittelt werden, wie im konkreten Gefahrenfall angemessen zu handeln und im Schadensfall Hilfe zu leisten bzw. wo zu erhalten ist. So sollten beispielsweise Hanglagen und tiefergelegene Gebiete gemieden und stattdessen höhere Lagen aufgesucht werden. Auch auf stromführende Leitungen im Wasser ist zu achten. Diese Informationen können sich gegebenenfalls mit dem Wissen zur Vorsorge überschneiden⁵². Vorsorgehandeln geht allerdings über das direkte Verhalten während des Extremereignisses hinaus und bezieht auch Anpassungen durch naturschutzbezogene, technische, (städte-)bauliche Maßnahmen usw. mit ein, die darauf zielen, die Widerstandsfähigkeit der Region gegenüber zukünftigen Extremereignissen zu erhöhen.
- ◆ **Versicherungen:** Das Angebot bzw. der Abschluss von Versicherungen ist eine Maßnahme, die der Erstattung von hochwasser- und starkregenbedingten Schäden z.B. an Gebäuden, in der Landwirtschaft oder auch bei Versorgungs- und Produktionsausfällen dient. Mit Blick auf zukünftig wahrscheinlich häufigere und intensivere Starkregenereignisse, höhere Hochwasserpegel und zu anderen Zeiten im Jahr auftretende Überflutungen und Starkniederschläge müssen auch Versicherer ihre Versicherungslösungen anpassen, sodass für Interessierte aus der Bevölkerung, der Landwirtschaft, dem Handel und Gewerbe, den Infrastruktur- und Industrieunternehmen usw. ein bezahlbares Angebot besteht. Es bedarf dabei klar definierter Vorgaben und, wenn nicht anders umsetzbar, klar definierter Ausnahmen vom Versicherungsschutz.

⁵² siehe Element Vorsorgewissen

Gerade die Wahrscheinlichkeit der Nichtversicherbarkeit von Grundstücken und Sachwerten in Gefahrengebieten ist eine Herausforderung, da mit stärkeren Überflutungen und höheren Pegeln häufig mehr bzw. auch zuvor als sicher geltende Gebiete zu den Gefahrengebieten zählen werden. Die Aktualisierung bzw. Erstellung von Hochwasser- und Starkregenrisikokarten⁵³ kann z.B. mit einem direkten Wertverlust für Grundstücks- und Gebäudebesitzer einhergehen, wenn diese stark betroffen oder nicht mehr versicherbar sind. Bieten Versicherer keine Versicherungen an, so sind regionale oder freiwillige Fond- und Unterstützungslösungen zu prüfen bzw. Hilfskooperation zu entwickeln, um entsprechende Risiken und Schäden wenigstens teilweise verringern, ausgleichen oder erstatten zu können.

- ◆ **Vorsorgewissen:** Bei Informationen zum Vorsorgewissen geht es um die Vermittlung von Informationen dazu, wie konkret und vorausschauend in der Region gehandelt werden kann, um die Risiken des Klimawandels und entsprechender Extremwetterereignisse zu begrenzen und die sich ergebenden Chancen nutzen zu können. Zu letzteren zählen z.B. zusätzliche Absatzmärkte für Handwerker und Dienstleister bei der Planung und Ausführung von Vorsorge- und Sicherungsmaßnahmen gegen Unterspülungen oder Überflutungen. Es geht also darum aufzuzeigen, wie Veränderungen im Sinne der Menschen vor Ort mitgestaltet werden können und welche Anpassungsmaßnahmen an häufigere, längere oder stärkere Hochwasser und Starkniederschläge ergriffen werden können, um unerwünschte persönliche, lokale, regionale und allgemeine Auswirkungen zu reduzieren. Auch hier bieten sich zur Wissensvermittlung, je nach Personengruppe und Interessen, ganz unterschiedliche Veranstaltungsformate wie z.B. Vorträge, Workshops, Thementage, Mitmachaktionen sowie verschiedene Medieninhalte wie Blogs, Video-clips, Wurfsendungen, Zeitungsartikel usw. zur Wissensvermittlung an.
- ◆ **Wachen:** Bei länger andauernden oder größere Teile der Region betreffenden Extremwetterereignissen wie beim Hochwasser ist eine genaue Beobachtung der Bedingungen vor Ort wichtig, um z.B. Schäden an Deichanlagen frühzeitig zu erkennen, angemessene Sicherungsmaßnahmen zu planen und umzusetzen, die passende Anzahl an Einsatz- und Hilfskräften zu mobilisieren oder auch zusätzliche Kräfte aus anderen Regionen organisieren zu können. In diesem Zusammenhang geben aufgestellte, gut eingewiesene bzw. geschulte Deichwachen sowie ortskundige Personen, die Pegelstände regelmäßig ablesen und Zuläufe begutachten wichtige Informationen zur Einschätzung der Gefahrenlage. Unterstützt werden können sie dabei gegebenenfalls durch technische Ausrüstung wie Dronen oder Nachtsicht-

⁵³ siehe Element Überflutungskarten

geräte. Zusätzliche Informationen geben möglicherweise auch mobile bzw. zusätzlich eingerichtete, temporäre Messstellen, die die Wachen mit betreuen.

- ◆ **Warn-Apps:** Warn-Apps sind eine spezielle Form der Warndienste. Diese Anwendungen für Smartphones können sowohl Professionelle, wie auch ganz allgemein Interessierte und Bürger nutzen, um – soweit das Telefonnetz intakt ist – zeitnah und weitgehend überall erreichbar über unmittelbare Gefahren informiert zu werden. Durch den hohen Abdeckungsgrad von Mobiltelefonen in der Bevölkerung lässt sich eine relativ hohe Zahl von Personen in vergleichbar kurzer Zeit durch z.B. Benachrichtigungen per SMS oder Messenger direkt erreichen. Es kann daher u.a. vor Hochwassergefahren oder Starkniederschlägen gewarnt und auf gesperrte Verkehrswege bzw. Evakuierungsanordnungen hingewiesen werden. Ebenso können Verhaltenstipps vermittelt werden.⁵⁴ Angebote zum Abruf von speziellen Informationen für einzelne Interessensgruppen, wie z.B. für Landwirte Daten zu Niederschlägen oder flächenbezogen zur Bodenfeuchte bzw. Echtzeitinformationen für Einsatzkräfte könnten diese Angebote prinzipiell ergänzen und die Warn-Apps so attraktiver machen, d.h. zu deren weiteren Verbreitung beitragen.
- ◆ **Warndienste:** Die Einrichtung bzw. die Nutzung von Warndiensten ist zum einen eine Maßnahme, um direkt vor oder während Extremwetterereignissen Einsatzkräfte zu mobilisieren sowie Einsatz- und Rettungsabläufe effektiver zu organisieren. So können beispielsweise Einsatzkräfte über Behinderungen auf Zufahrtswegen informiert werden. Darüber hinaus dienen Warndienste im Vorfeld von Extremwetterereignissen dazu, die Bevölkerung und einzelne betroffene Gruppen in der Region auf bevorstehende Gefahrenlagen aufmerksam zu machen, sodass sie ihr Verhalten anpassen oder Sicherungsmaßnahmen ergreifen können. Warndienste zu Hochwasser und Starkregen können z.B. Hochwasservorhersagen sowie aktuelle Niederschlagswerte und Pegelstände übermitteln, über Verkehrsbeeinträchtigungen, mögliche Informations- und Anlaufstellen für Betroffene, eingetretene Deichbrüche oder vorzunehmende Evakuierungen informieren. Auch Warnungen vor Gewittern sind hilfreich, da diese teils Starkregen mit sich bringen und zukünftig im Sommer häufiger auftreten und stärker ausfallen können. sowie über Gewitterwarnungen informieren. Zu beachten ist, dass sich Starkregenereignisse im Vergleich zu Hochwasserlagen schwerer vorhersagen lassen, weil sie nicht gewässergebunden sind, d.h. überall entstehen können und ihre

⁵⁴ Das gemeinsame Länderportal der deutschen Bundesländer bietet z.B. aktuelle Hochwasserinformationen für das Mobiltelefon an ([Link/Stand: 08/2018](#)). Weitere Beispiele für hochwasser- und/oder starkregenbezogene Warn-Apps sind die Angebote des Deutschen Wetterdienstes (DWD) ([Link/Stand: 08/2018](#)), des Bundesamts für Bevölkerungsschutz und Katastrophenvorsorge (BBK) namens NINA ([Link/Stand:08/2018](#)) sowie die Anwendungen BIWAPP ([Link/Stand: 08/2018](#)), UNWETTER-ALARM-APP ([Link/Stand: 08/2018](#)) und KATWARN ([Link/Stand: 08/2018](#)).

Wolkenzellen in der Regel räumlich begrenzt auftreten. Perspektivisch lassen sich Warndienste gegebenenfalls auch durch spezielle Angebote für einzelne Nutzergruppen ergänzen. Das könnten z.B. Messwerte zur Bodenfeuchte und andere flächenbezogene Informationen für Landwirte sein oder eine Übertragung von Echtzeitdaten für Einsatzkräfte bei Überschwemmungen o.Ä. Als Wege zur Übermittlung der Informationen können z.B. Radio, Fernsehen und das Internet⁵⁵ dienen. In einzelnen Fällen kann eventuell auch auf speziell eingerichtete Funkverbindungen, in Gemeinden gegebenenfalls noch installierte Lautsprechersysteme sowie Lautsprecherwagen oder die klassischen Informationsketten von Tür zu Tür zurückgegriffen werden.

- ◆ **Wehre:** Wehre dienen der Stauung und der Regulierung des Wasserstands oder der Abflüsse von Gewässern. Maßnahmen wie die Errichtung, Wartung und Instandsetzung von Stauwehren leisten daher – häufig im Zusammenspiel mit Retentionsflächen, Rückhaltebecken, Entsiegelungsmaßnahmen usw. – einerseits einen Beitrag zur Regulation des regionalen Wasserhaushalts. Andererseits können sie im Fall von Überflutungen und Überschwemmungen dazu genutzt werden, das Wasser gezielt zu lenken. So kann z.B. Wasser auf Flächen gelenkt werden, die es ohne (große) Schäden aufnehmen können oder es wird von bereits belasteten bzw. sensiblen Orten, Gebäuden, Biotopen usw. ferngehalten, um Schäden durch Überschwemmungen, zu hohen Wasserdruck oder verunreinigtes Wasser abzuwehren. Auch zum bewusst gesteuerten Abfluss überschüssigen Wassers lassen sich Wehre einsetzen.
- ◆ **Weidesicherung:** Weiden sind häufig nur zeitweilig genutzte Flächen. Daraus ergibt sich, dass Umzäunungen und Dinge zur Versorgung der Tiere z.B. mit Futter und Wasser nicht auf Dauer angelegt sind. Oft handelt es sich bei den Zäunen, Tränken, Unterständen usw. um einfache Provisorien, die bei starken Niederschlägen, Überflutungen und Rutschungen besonders schadens- bzw. ausfallanfällig sind. Bei der Einrichtung von Weiden ist mit Blick auf zukünftig häufigere oder intensivere Hochwasser- oder Starkregenereignisse daher besonders das Profil der Umgebung zu berücksichtigen. So sollten z.B. Batterien für Stromzäune nicht in potenziellen Ablaufrinnen oder Mulden platziert werden bzw. vor Wasser und damit Ausfällen geschützt werden. Auch Pfosten, Tore, mobile Tränken, Unterstände usw. sind mit Blick auf mögliche Rutschungen, Überschwemmungen Ablauf- und Erosionsrinnen aufzustellen, um zu verhindern, dass Tiere entweichen oder zu Schaden kommen. An besonders gefährdeten Stellen bedarf es gegebenenfalls auch Maßnahmen zur

⁵⁵ Das länderübergreifende Hochwasserportal der deutschen Bundesländer gibt z.B. einen Überblick über aktuelle Hochwasserlagen, inklusive Archivdaten und verlinkt für weitere Informationen auf die jeweiligen Seiten der zuständigen Landesbehörden ([Link/Stand: 08/2018](#)). Aktuelle Pegelstände zu den Wasserstraßen der Bundesebene bietet darüber hinaus z.B. das Gewässerkundliche Informationssystem der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes ([Link/Stand: 08/2018](#)).

Stabilisierung von Hängen oder Drainagen und Ablaufrinnen zur gezielten Abflusssteuerung.

- ◆ **Zugangswege:** Abgesehen von unerwünschten Flutungen und Erosionsereignissen bei Ställen, Unterständen, Weiden usw. gilt es auch, die Zufahrtswege zu diesen in den Blick zu nehmen, d.h. sie vor den Gefahren durch Hochwasser und Starkregen zu schützen. Befestigungs- und Abflussmaßnahmen sind ebenso ein Ansatz, wie die Einrichtung von Wegen, Einfahrten und Straßen unter Berücksichtigung der jeweiligen Risiken durch Überflutungen, Muren und Starkregenabflüsse. Letztlich muss der Zugang zu und die Versorgung der Tiere zu allen Zeiten gesichert sein oder die Tiere sind entsprechend auf andere Flächen und Ställe zu verteilen bzw. im konkreten Schadensfall über sichere bzw. bei blockierten Wegen über alternative, bekannte Routen zu evakuieren.

5.5 Hagel und Sturm

5.5.1 Probleme

Im Gegensatz zur zukünftigen Entwicklung der Temperaturen, die recht robust vorhergesagt werden können, fallen die Klimaprojektionen, d.h. die Vorhersagen zum Klima auf Basis von Zukunftsszenarien, für Stürme nicht einheitlich aus und sind damit abhängig vom gewählten Simulationsmodell.⁵⁶ Teilweise fallen die Vorhersagen für Stürme sogar gegensätzlich aus. Einige Modelle zeigen z.B. eine Zunahme der Windwindgeschwindigkeiten und einige eine Abnahme. Wobei es in der fernen Zukunft aber eine Tendenz zur Zunahme gibt. Auch für Hagel lassen sich derzeit keine klaren Aussagen dazu treffen, ob Hagel häufiger auftritt und entsprechende Ereignisse heftiger werden. Das liegt daran, dass Hagel ein örtlich sehr begrenztes Ereignis darstellt und Hagel in regionalen Klimaprojektionen bisher kaum beschrieben wird.⁵⁷ Auch wenn auf Basis der wissenschaftlichen Erkenntnisse im Moment nicht sicher gesagt werden kann, dass klimawandelbedingt Stürme und Hagelereignisse zunehmen, so kann gleichzeitig nicht ausgeschlossen werden, dass es keine Zunahme der Heftigkeit bzw. der Zahl von Hagel- und Sturmereignissen geben wird.

⁵⁶ Die Vorhersagen zum zukünftigen Klima basieren entscheidend auf den Berechnungen von Klimamodellen. Diese häufig zusammengeführten bzw. miteinander verknüpften Berechnungen zeigen auf, in welchen Szenarien oder Entwicklungspfaden sich klimatische Veränderungen ergeben können, d.h. welche Entwicklungen nach derzeitigem Stand der Wissenschaft besonders wahrscheinlich sind. Eine Definition der vom Weltklimarat genutzten SRES-Szenarien bzw. Repräsentativen Konzentrationspfade (RCPs) bietet Prutsch et al. 2014, S.95. Weitere einführende Informationen dazu finden sich beim Deutschen Wetterdienst (DWD) ([Link/Stand: 08/2018](#)), beim Deutschen Klima-Konsortium (DKK) ([Link/Stand: 08/2018](#) mit einer Übersichtskarte zu den relevanten Modellierungsakteuren in Deutschland [Link/Stand: 08/2018](#)) sowie in den Dossiers zur globalen und regionalen Klimamodellierung des Klimanavigators ([Link I/Link II/Stand jeweils: 08/2018](#)).

⁵⁷ vgl. adelphi/PRC/EURAC 2015, Göman et al. 2015, Schönthaler et al. 2015 und Mohr 2013

Für Regionen und ihre Bewohner ist es daher sinnvoll, sich auf Stürme und Hagel vorzubereiten, denn auch ohne Zunahme wird es sie weiterhin geben und mit ihnen mögliche Schäden, die bei guter Vorbereitung abzumildern sind. Zumal Hagel zu den lokalen Extremwetterereignissen mit einem besonders hohen Schadenspotenzial zählt und die Versicherungswirtschaft zukünftig mit höheren Sturm- und Hagelschäden rechnet⁵⁸. Hinzu kommt, dass Hagel und Stürme im Zusammenspiel mit anderen Folgen des Klimawandels wie Trockenheit oder geringeren Frosttagen zu einer Problemverschärfung führen können. Starke Winde sind bei einem Winterhochwasser in der Lage, den Druck auf Deiche, Deichaufbauten oder Deichbewuchs zusätzlich zu erhöhen. In Zeiten von Trockenheit tragen sie zum Teil erheblich zur Bodenerosion bei. Im Anschluss an Sommerregen und damit durchweichte Böden können Bäume mit viel Blattgrün durch Winddruck zum Umsturz gebracht werden und in der Landwirtschaft beschränken häufigere Winde möglicherweise das Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln, da die Abdrift ab einer bestimmten Windgeschwindigkeit zu groß ist. Hagelkörner entstehen nur in Gewitterwolken. Da die Atmosphäre bei höheren Temperaturen insbesondere im Sommer mehr Wasserdampf und somit mehr Energie speichern kann und im Sommer die bodennahe Verdunstung steigt, ist prinzipiell eine höhere Wahrscheinlichkeit von Wärmegewittern und somit auch von Hagelereignissen denkbar. Wobei wie erwähnt, die regionalen Klimaprojektionen die genauen Auswirkungen noch nicht sicher modellieren können.⁵⁹ Zu den zentralen **Problemlagen**, die bei zukünftigen Sturm- oder Hagelereignissen auftreten können, zählen:

- ◆ **Hagelschlag:** Hagel ist ein lokales Wetterereignis, das nur schwer vorhersehbar und dessen Auftreten damit im Vorfeld nur bedingt eingrenzbar ist. Wobei die Gefahr ganz allgemein in bergigen Gebieten, aufgrund der Aufwinde an Berghängen, höher ist als im Flachland und die Sommermonate das höchste Hagelrisiko bergen. Diese Unberechenbarkeit im Auftreten ist besonders relevant, weil Hagelereignisse ein beträchtliches Schadensausmaß erreichen können, speziell wenn es sich um größere Körner mit hoher Energie und Durchschlagskraft handelt. Anpassung ist daher geboten, um entsprechende Schäden einzugrenzen. In der Landwirtschaft und im Obstbau kann Hagel z.B. zu beträchtlichen Einbußen bis hin zu Totalausfällen bei angebauten Kulturen führen oder an Gebäuden, Unterständen, Fahrzeugen usw. erheblichen Sachschaden anrichten. Gefahr besteht eventuell auch für Übertragungsleitungen und Verkehrssysteme sowie für Mensch und Tier.
- ◆ **Windschäden:** Starke Winde bzw. Stürme können insbesondere in Verbindung mit Böen Kräfte entfachen, die in Wäldern, aber auch bei freistehenden Bäumen und Gehölzen zu Windwurf oder Windbruch führen, d.h. dass diese

⁵⁸ vgl. Deutscher Bundestag 2016, Schönthaler et al. 2015 und adelphi/PRC/EURAC 2015

⁵⁹ vgl. Mohr 2013 und adelphi/PRC/EURAC 2015

windbedingt entweder komplett umfallen oder Stämme bzw. Äste brechen. Speziell an Dachkanten, Unterständen, Schleppdächern, losen und beweglichen Gebäudeelementen, wie z.B. Fensterläden, oder unzureichend verankerten Gegenständen und Masten können Stürme besonders gut angreifen und zu entsprechendem Sachschaden führen. Umfallende Bäume und Masten, herabfallende oder umherfliegende Gebäudeteile, Gerüste oder ganz allgemein Gegenstände gefährden Menschen, Tiere, angrenzende Gebäude, geparkte Fahrzeuge usw. und können Unterbrechungen oder Beschädigungen bei Verkehrswegen und Übertragungsleitungen verursachen. Eine besondere Gefahr liegt auch in der Kombination mit selteneren Frosttage oder häufigeren Winterniederschlägen in Form von Regen, d.h. wenn Stürme auf instabile, aufgeweichte Böden treffen, die weniger Halt bieten.

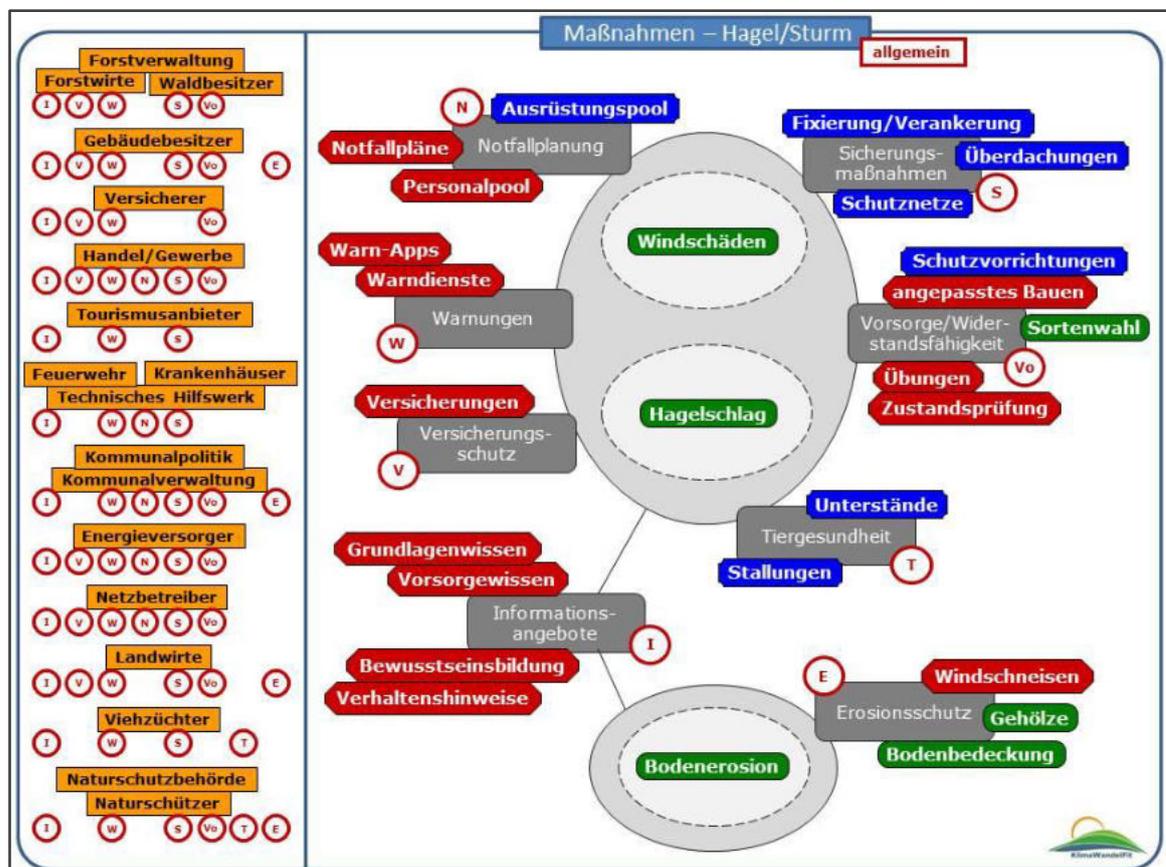


Abb. 7: Aktivitäten und Akteure im Bereich Hagel und Sturm

(Quelle: inter 3 GmbH)

- ◆ **Bodenerosion:** Starke Winde können zur Erosion von Böden beitragen. Winderosion betrifft insbesondere offene, große Flächen ohne schützende Elemente wie z.B. Hecken oder Sträucher, die als Windfang dienen, sowie leichte, trockene und unbedeckte Böden. Die Bodenqualität nimmt in diesem Fall Schaden und anliegende Flächen werden durch die dort vom Wind abgelagerten Bodenpartikel teils negativ beeinflusst. Auch Gewässer können durch den windbedingten Eintrag von Schad-, Nähr-, Schweb- und Sinkstoffen in ihrer Qualität beeinträchtigt werden. Sollten die Windgeschwindigkeiten

zukünftig steigen oder Stürme öfter auftreten, so nehmen bei fehlender Anpassung voraussichtlich auch die Schäden durch Bodenerosion zu. Neben der Abnahme der Boden- und Gewässerqualität kann Winderosion auch zur Gefahr für den Verkehr oder technische Anlagen werden. Nämlich dann, wenn der Wind Staubwolken von offenen, unbedeckten Feldern bzw. Flächen in Richtung von Straßen, Schienen und Autobahnen trägt oder in technische Anlagen hinein weht. Zu ähnlichen Situationen kann es u.a. bei Ernteeinsätzen in trockenen Zeiten kommen, wenn Landmaschinen auf den Feldern Staub aufwirbeln. Neben Erosionsschäden durch Wind besteht auch bei Hagel die Gefahr von Bodenabtrag. Hagelkörner sind mit ihrer hohen Aufprallenergie in der Lage, den Zusammenhalt von Bodenbestandteilen aufzubrechen oder die Vegetationsdecke zu beschädigen. Feine Bodenbestandteile werden so herausgelöst und z.B. beim nächsten Regen oder der nächsten Bewässerung möglicherweise weggespült.⁶⁰

5.5.2 Maßnahmen im Umgang mit Hagel und Sturm

- ◆ **angepasstes Bauen:** Angepasstes Bauen fasst Maßnahmen zusammen, bei denen durch bauliche Veränderungen die Widerstandsfähigkeit von Gebäuden, Verkehrswegen, Versorgungsleitungen usw. gegenüber Hagelschlag oder Stürmen erhöht wird bzw. durch die Materialüberbelastungen verringert werden. Durch bauliche Maßnahmen sollen zudem Gefahren für Menschen und Tiere oder auch für Produktionsprozesse reduziert und bestenfalls ganz verhindert werden. Ansatzpunkte für bauliche Anpassungen zur Verringerung von Hagel- und Sturmschäden sind z.B. der Einsatz hagel- und sturmfester Baumaterialien, einfahr- oder einfaltbare Vordächer, Markisen usw. oder wetterfeste und fixierbare Fensterläden sowie zusätzliche Verstärkungen oder Sicherungen wie beispielsweise Sturmklammern für Dachziegel. Kiesschüttungen können bitumengedeckten Flachdächern Schutz bieten, ebenso wie installierte Schutzgitter für Oberlichter auf Dächern, d.h. lichtdurchlässige Dachöffnungen bzw. -kuppeln aus Kunststoff oder nicht hagelsicherem Glas. Auch die Berücksichtigung der Dachneigung oder der Wind- und Wetterseite z.B. in Form eines Verzichts auf besonders empfindliche Bauteile auf der Wetterseite oder deren bewusste Installation auf der wetterabgewandten Seite bzw. in windgeschützten Lagen gehören dazu. Zu berücksichtigen ist dabei, dass gerade Dächer und Überdachungen eine gegensätzliche Wirkung haben können, d.h. sie schützen einerseits empfindlichere Bauteile oder Sachwerte wie Fahrzeuge vor Hagel oder bieten Menschen und Tieren einen Schutz vor diesem. Zugleich sind sie Angriffsflächen für Stürme, die bei zu schwacher baulicher Umsetzung Schaden nehmen können.

⁶⁰ vgl. Prashun 2009, Wurbs/Steininger 2017 und Steininger/Wurbs 2017

- ◆ **Ausrüstungspool:** Ein Ausrüstungspool hat zum Ziel, Einsatz-, Rettungs- und Hilfskräften bzw. freiwilligen Helfern in Notlagen schnell und in ausreichender Weise das benötigte Material und die notwendigen Gerätschaften für ihre Einsätze zur Verfügung zu stellen oder diese zeitnah organisieren zu können. Das betrifft z.B. Fahrzeuge, Ausrüstungsgegenstände, Kommunikationsmittel, Ersatzteile und Sicherungsmaterialien. Dazu braucht es in einzelnen oder miteinander kooperierenden Kommunen entsprechender Lager, Wartungskapazitäten und eine gute Vorplanung. Letzteres meint einen Überblick darüber, was in der Region an Materialien bzw. Gerätschaften bei Sturm und Hagel zur Gefahrenabwehr, Gebäude-, Sachgüter- und Personensicherung benötigt wird bzw. wo und wie es bei Bedarf einfach zur Verfügung gestellt werden kann. Zu entwickeln oder anzupassen sind daher auch entsprechende Organisations- und Besorgungsstrukturen z.B. für Notstromaggregate bei der Beschädigung von Übertragungsleitungen, ausreichend Werkzeug und Reparaturmaterialien für Notfallreparaturen an Schienen, Stromleitungen, öffentlichen Gebäuden usw. oder die benötigte Technik zum Freiräumen von Straßen und Wegen nach Sturmschäden. Die Materialien und Gerätschaften für Maßnahmen zur Gefahrenabwehr und zum Eigenschutz der Einsatzkräfte können natürlich auch für Vorsorgemaßnahmen im Vorfeld von Extremwetterereignissen herangezogen werden, solange die Einsatzbereitschaft für Notfälle gesichert bleibt.
- ◆ **Bewusstseinsbildung:** Maßnahmen zur Bewusstseinsbildung zielen darauf ab, die Problem- und Lösungswahrnehmung in der Region sowie das Wissen um die Zusammenhänge von Klimawandel und eigenem Handeln zu stärken, sodass die Menschen vor Ort zukünftig sensibler auf veränderte natürliche Lebensbedingungen schauen, Veränderungen im Auftreten von Stürmen und Hagel früher wahrnehmen können und Anpassungsideen und Schutzlösungen entsprechend mit im Bewusstsein verankert sind. Bewusstseinsbildende Aktivitäten nutzen häufig zuvor vermitteltes Grundlagenwissen⁶¹ und bauen auf diesem auf. Sie stärken und vertiefen oft das zuvor erlernte Wissen, indem sie es z.B. konkret anwenden oder mittels Beispielen wiederholen. Nicht selten wird das Grundlagenwissen daher zusammen mit den Fähigkeiten zur sensibleren Wahrnehmung gemeinsam vermittelt. Mögliche Formate zur Stärkung des regionalen Bewusstseins sind u.a. gemeinsame Erkundungen der Region⁶², Diskussionsveranstaltungen, Thementage und Mitmachaktionen,

⁶¹ siehe Element Grundlagenwissen

⁶² Beispielhaft für die Region Uebigau-Wahrenbrück im Südwesten des Landes Brandenburg hat KlimaWandelFit ein sogenanntes Erlebnismodul entwickelt. Über eine Tour in der Region lassen sich verschiedene Aspekte des regionalen Klimawandels und der Anpassung an diesen vor Ort erleben. Grundsätzlich kann das Erlebnismodul auch als Beispiel für andere Regionen mit ähnlichen Herausforderungen dienen, d.h. es ist – mit den notwendigen Anpassungen

aber auch Informationsflyer für Haushalte, lokale und regionale Beratungsangebote sowie Radiobeiträge oder Videoclips im Internet.

Bodenbedeckung: Bei der Bodenbedeckung geht es um die Verringerung des Bodenabtrags durch Wind und bei sehr starkem Hagel auch um die Reduzierung einer möglichen Schädigung der oberen Bodenstruktur. Diese Gefahren bestehen insbesondere bei leichten, trockenen und unbedeckten Böden sowie bei Kulturen mit geringer Bodenbedeckung, wie z.B. Mais oder Zuckerrüben. Über die Bodenbedeckung und die Bodenbeschaffenheit kann direkt Einfluss auf das Wegwehen von Humus und Bodensedimenten genommen werden. In der Landwirtschaft verringert eine stete Bodenbedeckung durch Nutzpflanzen, Zwischenfrüchte oder Untersaaten die Erosionsgefahr, ebenso wie z.B. die Mulchsaat oder ein pflugloser Anbau, d.h. die Direktsaat, die nebenher auch die Infiltration, also das Eindringen von Niederschlägen in den Boden stärkt. Da die Art der Bodenbearbeitung auch Einfluss auf die Ausbreitung von Unkräutern, Schädlingen und je nach angebaute Kultur den erwirtschafteten Ertrag sowie den Arbeitsaufwand ausübt, ist eine Abwägung zwischen dem Bodenschutz und diesen Zielen notwendig. Eine stärker ausgeprägte Bodenbedeckung hilft darüber hinaus nicht nur die Erosion auf den betroffenen Flächen selbst zu senken. Auch die Belastung von anliegenden Flächen und Gewässern kann so reduziert werden, da diese dann weniger weggewehten Nähr-, Schweb- und Schadstoffen ausgesetzt sind.⁶³

- ◆ **Fixierung/Verankerung:** Unter Fixierung und Verankerung werden Maßnahmen verstanden, die der Sicherung von Gegenständen, Fahrzeugen, Gebäuden, Anbauten, Bäumen, Masten usw. vor starken Winden dienen. Das beinhaltet auch die Sicherung von gelagerten und insbesondere lose gestapelten Dingen in Vorgärten, auf Industriegeländen, Feldern und Weiden, an Waldrändern bzw. ganz allgemein in Außenbereichen. Auch Schiffe und Boote auf dem Wasser können unter speziellen Umständen betroffen sein. Mit Hilfe z.B. zusätzlicher Verankerungen, stärkerer Seile, mehr Gewichten oder auch Über- und Einbauten können die genannten Gegenstände, Fahrzeuge usw. an ihrem Platz gehalten werden, um nicht umzustürzen, sich loszureißen oder abzubrechen.
- ◆ **Gehölze:** Büsche, Bäume und Sträucher, einzeln gepflanzt oder in Form von Randstreifen, Baumgruppen und größeren Aufforstungen sind eine Maßnahme zum Schutz vor Bodenerosion durch Wind. Die Gehölze dienen im oberen Bereich als Wind- und Staubfänger. Ihre Wurzeln stärken den Bodenrückhalt

auf die jeweilige Zielregion – auch auf weitere Regionen übertragbar. Mehr Informationen finden Sie auf der Webseite www.klimawandelfit.de.

⁶³ vgl. Seiter et al. 2017, Steiniger/Wurbs 2017 und Wurbs/Steininger 2017

und die Biomasse z.B. in Form von fallendem Laub trägt zur Bodenbedeckung und zur Bildung von Humus bei. Verstärkte Wirkungen können Anpflanzungen erzielen, wenn sie sich bewusst an den Gegebenheiten vor Ort orientieren, d.h. sie z.B. so gesetzt werden, dass Windschneisen durchbrochen, windanfällige große Schläge geteilt oder durch Gehölze windgeschützte Bereiche für wind- oder erosionsanfällige Kulturen geschaffen werden. Eine entsprechende Strukturierung von Flächen durch Gehölze kann zudem z.B. über Unterschlupfmöglichkeiten für Vögel, Kleinsäuger oder Amphibien Naturschutzwirkungen haben oder auch naturschutzfachliche Maßnahmen wie Blüh-, Gras- und Grünstreifen⁶⁴ ergänzen.

- ◆ **Grundlagenwissen:** Das Verständnis für den Klimawandel und aktives Handeln zur Stärkung der Widerstandsfähigkeit in der Region wird unterstützt, wenn die Menschen in der Region ein grundsätzliches Wissen zu den Ursachen und Folgen des Klimawandels bzw. spezieller zu den möglichen Veränderungen im Auftreten von Stürmen und Hagel besitzen. Es gilt, die allgemeinen Zusammenhänge von Klima, Wetter und globalen wie regionalen Einflüssen zu kennen, um passgenau reagieren und handeln zu können.⁶⁵ So ist es beispielsweise wichtig zu verstehen, dass Hagelkörner nur in Gewitterwolken entstehen und die Atmosphäre bei höheren Temperaturen im Sommer mehr Wasserdampf und somit mehr Energie speichern kann, was zur Bildung intensiver Wärmegewitter und damit zu häufigeren und/oder stärkeren Hagelereignissen führen kann.⁶⁶ Oder dass starke Winde im Sommer insbesondere im Anschluss an intensive Niederschläge zur besonderen Belastung für Bäume werden können. Das Blattgrün gibt dem Wind eine breite Angriffsfläche und die aufgeweichten Böden bieten weniger Halt, d.h. Windbruch und Windwurf drohen. Das Grundlagenwissen kann auf unterschiedlichen Wegen vermittelt werden, beispielsweise über Veranstaltungen wie Vorträge, Diskussionen und Thementage oder über das geschriebene und gesprochene Wort, d.h. über Artikel, Broschüren, Bücher, Blogbeiträge usw. oder über Sendungen und Videoclips im Fernsehen, im Radio sowie im Internet.
- ◆ **Notfallpläne:** Um in Notsituationen angemessen, schnell und geordnet handeln zu können, sollten Behörden, Unternehmen, Einsatzstäbe, Energieversorger usw. ausgearbeitete Notfallpläne bereitliegen haben. In diesen

⁶⁴ vgl. Nitsch et al. 2016

⁶⁵ Als Einstieg in das Themenfeld und zur Vermittlung von Grundlagenwissen zum Klimawandel, zum Klimaschutz und zur Anpassung an Klimawandelfolgen bietet KlimaWandelFit ein Grundmodul an, das auch verschiedene Quellen zur Vertiefung des dort vermittelten Wissens enthält. Personen, die in ihrer Region Basiswissen dazu vermitteln wollen, können sich mit diesem Grundmodul eigenständig das Wissen zu den genannten Themen erarbeiten und dieses dann entsprechend regional weitergeben. Das Grundmodul finden Sie auf der Internetseite www.klimawandelfit.de.

⁶⁶ siehe Kapitel 5.5.1

muss der Umgang mit den jeweiligen Gefahren von Sturm und Hagel festgeschrieben sein und die Pläne sollten zugleich Ersatzmaßnahmen nicht nur für mögliche Ausfälle der Kommunikations- und Versorgungsinfrastruktur beinhalten.⁶⁷ In den Blick zu nehmen sind in diesen umfassenden Festlegungen für Notfälle möglichst auch Probleme beim Personal, beim Material, bei der Versorgung von Einsatzkräften, Bürgern, Patienten etc. oder Ausfälle bei Produktionsprozessen durch beispielsweise eine fehlende Strom- und Wasserversorgung sowie unterbrochene Lieferwege. Hinzu kommen direkte Gefahren für Menschen, Gebäude, Sachwerte etc., die z.B. durch umgeworfene Bäume, abgebrochene Äste, umherfliegende oder herabstürzende Gegenstände verursacht werden. In den entsprechenden Notfällen sind natürlich gerade bei den Einsatzkräften und Helfern der Eigenschutz und die gesundheitliche Belastungen – im Sommer z.B. ausgelöst durch Hitze oder vermehrte allergene Pflanzen – zu beachten. Hinweise für die Notfallanalyse können Datenaufzeichnungen vor und während der Sturm- und Hagelereignisse bzw. eine nachträgliche Analyse der Einflussfaktoren, Entstehungszusammenhänge, dem Verhalten von Betroffenen, dem Funktionieren der (Notfall-)Infrastrukturen usw. geben.

- ◆ **Personalpool:** Durch die Einrichtung eines Personalpools für Notlagen soll in einer Region sichergestellt werden, dass bei Notfällen eine ausreichende Zahl an Einsatz-, Rettungs-, Pflege- und Hilfskräften schnell vor Ort sein kann. Entsprechende vorbereitende Maßnahmen beinhalten – ähnlich wie beim Ausrüstungspool –, dass Kommunen, kooperierende Gemeinden, Behörden, Unternehmen usw. einen Überblick darüber haben, wie viele Personen, auf welchem Weg bei Bedarf schnell z.B. für Aufgaben des Bevölkerungsschutzes, aber auch der Logistik, Eigensicherung, Notversorgung, Notkommunikation und für benötigte Sicherungs- bzw. Räummaßnahmen herbeigerufen werden können. Besondere Herausforderungen können sich z.B. durch schnell aufeinanderfolgende Sturmereignisse ergeben, bei denen die Aufräumarbeiten vom vorherigen Sturm noch nicht abgeschlossen sind und daher erhöhte Anforderungen an den Eigenschutz für Hilfs- und Einsatzkräfte gestellt werden müssen bzw. Personal parallel benötigt wird. Wird im Rahmen der Bestandsaufnahme deutlich, dass die bestehenden personellen Kapazitäten nicht ausreichen oder die verfügbaren Personen unzureichend geschult sind, sind möglichst Maßnahmen zur Rekrutierung, Aus- und Weiterbildung weiterer Personen zu ergreifen.
- ◆ **Schutznetze:** Schutznetze im Bereich der Sicherungsmaßnahmen dienen bei unmittelbarer Gefahr der kurzfristigen oder zeitweiligen Sicherung von z.B. Gebäuden, Fahrzeugen oder landwirtschaftlichen und obstbaulichen Kulturen

⁶⁷ siehe Element Notfallinfrastruktur

insbesondere gegen Hagelschlag. Gerade in der Landwirtschaft können sie bei hochwertigen und empfindlichen Kulturen wie z.B. Wein, Obst, Gemüse und Hopfen oder in Wachstums- bzw. Erntephasen mit hohen Ausfallrisiken Schäden spürbar verringern. Im Anschluss an Stürme können mit Schutznetzen zudem erste Sicherungsmaßnahmen vor u.a. herabfallenden Gegenständen durchgeführt werden, speziell wenn sich die anschließenden Aufräumarbeiten länger hinziehen. Bei Fahrzeugen können neben Schutznetzen als zeitweiliger Schutz auch mehrschichtige Schutzmatten zum Einsatz kommen.

- ◆ **Schutzvorrichtungen:** Mit Schutzvorrichtungen sind im Gegensatz zum Maßnahmenbereich Sicherungsmaßnahmen dauerhaft und damit vorsorglich im Außenbereich installierte technisch-bauliche Vorrichtungen zur Sicherung von Sachwerten, Fahrzeugen, Bewuchs, Ernten etc. vor Hagelschlag und Sturmschäden gemeint. Das können z.B. Carports und Schleppdächer für Fahrzeuge und technisches Material oder gelagerte Baustoffe sein. Auch dauerhaft installierte Schutznetze usw. bei Lagerungen im Außenbereich oder in der Landwirtschaft sowie zusätzliche Ankerpunkte und Seilverstärkungen sowie eine sturmsichere Ausführung von Fundamenten und Gestellkonstruktionen bei Masten, Brücken, Freiflächenphotovoltaikanlagen usw. können als vorsorgende technische Maßnahme die negativen Auswirkungen von Stürmen und Hagel verringern helfen. Bei Photovoltaik- und solarthermischen Anlagen oder Unterständen wie z.B. Bushaltestellen empfiehlt sich der Einsatz von hagelresistentem Schutzglas und bei letzteren sowie Fenstern gegebenenfalls auch selbstklebende Spezialschutzfolien.
- ◆ **Sortenwahl:** Auch wenn Stürme und Hagel altbekannte Naturgefahren sind, so besteht längerfristig aufgrund des Klimawandels dennoch die Möglichkeit, dass sie häufiger auftreten und intensiver ausfallen. Nicht zuletzt durch die Flächengrößen in der Landwirtschaft, dem Obst- und Gemüseanbau und der Forstwirtschaft sowie dadurch, dass die Pflanzen direkt den Extremereignissen ausgesetzt sind, lassen sich Schäden durch Sturm und insbesondere durch Hagel nie gänzlich ausschließen. Eine bewusste Sortenwahl der angebauten bzw. genutzten Kulturen kann jedoch Schäden begrenzen helfen. In diesem Zusammenhang ist bei Kulturpflanzen wie z.B. Roggen, Weizen, Mais und Raps auf eine geringere Lagerneigung⁶⁸, d.h. eine höhere Standfestigkeit der Pflanzen zu achten. Nachteile beim Einsatz von z.B. Hagelschutznetzen, wie

⁶⁸ Mit Lagern ist in der Landwirtschaft gemeint, dass Pflanzen u.a. aufgrund von Wind, aber auch von Niederschlägen zu Boden gedrückt werden und sich anschließend nicht oder nur noch teilweise aufrichten. Die betroffenen Pflanzen sind dann gegebenenfalls in ihrer weiteren Entwicklung beeinträchtigt und für Krankheiten anfälliger. Die Ernte kann dadurch erschwert werden und die geerntete Menge sowie die Qualität, zumindest eines Teils der Ernte, verringern sich möglicherweise. vgl. Raupp/Hartman 2017, S. 72 sowie Proplanta Agrar-Lexikon ([Link](#)/Stand: 08/2018)

eine geringe Sonneneinstrahlung, Reifeverzögerungen oder teils erhöhten Risiken für Pflanzenerkrankungen, könnten darüber hinaus durch eine Kombination mit diesbezüglich robusteren Sorten ausgeglichen werden. Ein weiterer Ansatz ergibt sich durch zukünftig gegebenenfalls längere Vegetationszeiten. Mit geänderten Fruchtfolgen und – je nach Kultur – dem Einsatz früher oder später reifender Sorten lassen sich Zeiten mit besonders hohen Sturm- und Hagelrisiken möglicherweise umgehen, d.h. dass diese dann entweder bereits abgeerntet, noch nicht entwickelt oder die Kulturen zu diesen Zeiten entsprechend widerstandsfähiger sind.⁶⁹ Bei Bäumen ist die Sturmfestigkeit zu berücksichtigen. Auch wenn Bäume sich ganz generell ihren Untergründen anpassen, so haben Pfahlwurzler, wie z.B. Eichen und Kiefern, allgemein eine höhere Windwurfestigkeit als Herzwurzler, wie u.a. Buchen oder Lärchen. Flachwurzler, zu denen z.B. die wirtschaftlich bedeutende Fichte gehört, sind besonders windwurfanfällig. Gedrungene Bäume besitzen eine höhere Sturmfestigkeit als schlanke, hochgewachsene. In Wäldern mit einem hohen Fichtenanteil kann auch eine stärkere Durchmischung mit anderen Baumarten, z.B. hin zum Mischwald, das Schadensrisiko verringern. Ganz generell sollten gerade in Windschneisen und windanfälligen Bereichen die genutzten Sorten sorgsam gewählt werden. Mit Blick auf die windbedingte Erosion bieten Pflanzen mit buschigem Wuchs, einer höheren Bodenbedeckung und – zeitlich betrachtet – längerer Begrünung mehr Schutz, was sie jedoch zum Teil wieder windanfälliger macht.⁷⁰

- ◆ **Stallungen:** Bei Stallungen gilt, wie bei Gebäuden allgemein, dass sie baulich starkem Wind und Hagel so weit wie möglich trotzen sollten, nicht zuletzt um den Tieren bei Extremwetter einen adäquaten Schutz zu bieten. Daher ist auf eine ausreichende Stabilität zu achten, unnötige Windangriffsflächen wie z.B. Überstände und Vordächer sind zu meiden und ergänzende Solaranlagen sturmsicher zu installieren. Gegen Hagelschäden sind gegebenenfalls Vorsorgemaßnahmen umzusetzen, wie z.B. der Einbau von Sicherheitsglas oder das Verkleben von Schutzfolien bzw. der Anbau von Schutzgittern für Oberlichter auf dem Dach oder auch Kiesschüttungen als Hagelschutz für Bitumenflachdächer. Bei der Neuerrichtung von Stallungen ist bezüglich Sturm die Geländetopographie zu berücksichtigen, d.h. wenn möglich sind besonders windgefährdete Bereiche zu meiden und ein ausreichender Abstand zu Masten und Bäumen einzuhalten.
- ◆ **Überdachungen:** Bestehende Überdachungen können im Fall von vorhergesagtem Hagel und Sturm als Schutzraum für bewegliche Gegenstände wie

⁶⁹ vgl. Gömann et al. 2015, VLK 2010, LfULG 2009 und SMUL 2014

⁷⁰ vgl. Wegmann 2010, Kaulfuß 2016 und MKULNV 2015

z.B. Fahrzeuge, technische Ausrüstung, Baumaterial oder hochwertige Forst- und Landwirtschaftsprodukte genutzt werden. Auch der zeitweise Aufbau von Überdachungen zum Schutz vor Niederschlägen, Hagel und Sturm kann in einigen Fällen wie z.B. bei Baustellen, in der Denkmalrestauration oder bei Freiluftveranstaltungen sinnvoll sein. Bei diesen zeitweisen Schutzdächern ist besonders auf eine ausreichende Stabilität und entsprechende Sicherung bzw. Verankerung zu achten, da diese sonst Schaden nehmen oder bei Sturm selbst zur Gefahr werden können.

- ◆ **Übungen:** Simulationen und theoretische Besprechungen von Sturm- und Hagelereignissen sind hilfreiche und sinnvolle Vorbereitungsmaßnahmen im Rahmen der Notfallplanung. Sie können jedoch nicht die gleichen praxisbezogenen Erkenntnisse, Erfahrungen und Lerneffekte bieten, wie konkrete Übungen. In einzelnen Übungsstunden oder auch Großübungen lassen sich ausgesuchte Einsatzaspekte, die Handhabung von Materialien und Geräten oder ganze Notfall- und Einsatzsituationen simulieren, durchspielen und so üben. Die ausreichende praktische Übung ist daher ein wichtiger, wenn auch häufig zeit- und ressourcenaufwendiger Bestandteil eines zukunfts-fähigen Notfallvorsorgekonzepts. Denn die Notfall- und Ablaufübungen können konkrete Probleme in der Zusammenarbeit, bei der Ausstattung oder der Problemwahrnehmung aufzeigen. Sie fördern zudem die praktischen Fähigkeiten der Beteiligten und stärken die effiziente Notfall- und Schadensabwehr im Ernstfall. Trainings müssen sich dabei nicht nur auf professionelle Einsatz- und Hilfskräfte bei Großschadensereignissen beziehen. Auch der Hausbesitzer, Viehzüchter oder Mitarbeiter eines Gewerbebetriebs kann die Anwendung eigener Schutzmaßnahmen üben und Abläufe gemeinsam mit Mitarbeitern oder Kollegen einstudieren, um vor bzw. bei Stürmen und Hagelereignissen bzw. -schäden angemessen reagieren zu können.
- ◆ **Unterstände:** Da Unterstände für Tiere in Außengehegen nicht selten provisorisch aufgestellt sind bzw. nur bedingt gepflegt werden, geht es insbesondere darum, dass sie baulich stabil sind. Sie sollten durch Hagel und Sturm möglichst keinen Schaden nehmen. Im Fall von Schäden ist darauf zu achten, dass lose oder herabstürzende Gegenstände, Bauteile usw. nicht zur Gefahr für die Tiere werden können. Bei der Neuerrichtung und damit der Standortwahl gilt es Dinge wie Windschneisen oder Abstände zu Bäumen und Masten zu berücksichtigen, da diese den Druck auf die Bauwerke erhöhen oder auf diese kippen können. Gänzlich auf Unterstände zu verzichten, ist oft nicht empfehlenswert, weil diese z.B. auf offenen Weiden den Tieren selbst als Schutzraum gegen Stürme und Hagel, aber auch bei Regen zu großer Hitze dienen.
- ◆ **Verhaltenshinweise:** Mit Verhaltenshinweisen ist gemeint, dass Menschen vor Ort Informationen dazu bekommen, wie sie sich bei Sturm- und Hagelereignissen verhalten sollen, um unnötige Belastungen für sich und

andere sowie Gefahren für ihr Umfeld zu vermeiden. Wissen zum Selbstschutz kann sich z.B. auf Gefahren durch herumfliegende Gegenstände oder herabstürzende Gebäudeteile oder die Durchschlagskraft gerade größerer Hagelkörner beziehen. Unnötige Gefährdungen für sich und andere können u.a. auch die Folgen leichtsinnigen oder problemverschärfenden Handelns thematisieren, so z.B. Sicherungsversuche auf Dächern oder die Nutzung von Fahrzeugen noch während eines Sturms sowie das Wegräumen von Sachwerten aus dem Außenbereich während eines starken Hagelschauers. Ebenso kann in der Region vermittelt werden, wie im konkreten Gefahrenfall angemessen zu handeln und wo im Schadensfall Hilfe zu erhalten ist. So sollten beispielsweise Bereiche mit Gerüsten, aufgehängten Planen oder Bäumen bei Sturm gemieden werden. Auch auf stromführende Leitungen, die umstürzen können, ist zu achten. Diese Informationen können sich gegebenenfalls mit dem Wissen zur Vorsorge überschneiden⁷¹. Vorsorgehandeln geht allerdings über das direkte Verhalten während des Extremereignisses deutlich hinaus und bezieht auch Anpassungen durch naturschutzbezogene, technische, (städte-)bauliche Maßnahmen usw. mit ein, die darauf zielen, die Widerstandsfähigkeit der Region gegenüber zukünftigen Extremereignissen zu erhöhen.

- ◆ **Versicherungen:** Das Angebot bzw. der Abschluss von Versicherungen ist eine Maßnahme, die der Erstattung von Hagel- und Sturmschäden z.B. an Gebäuden, in der Landwirtschaft oder auch bei Versorgungs- und Produktionsausfällen dient. Mit Blick auf zukünftig möglicherweise stärkere Stürme und Hagelschauer müssen auch Versicherer ihre Versicherungslösungen gegebenenfalls anpassen, sodass für Versicherungsnehmer aus der Bevölkerung, der Landwirtschaft, dem Handel und Gewerbe, den Infrastruktur- und Industrieunternehmen etc. ein bezahlbares Angebot mit einem ausreichenden Deckungsgrad zur Verfügung steht. Im Bereich der Landwirtschaft, dem Obst- und Gemüseanbau ist die Hagelversicherung weit verbreitet. Mehrfachversicherungen, die zusätzlich auch Schäden u.a. durch Stürme abdecken, sind hingegen teils zu kostspielig oder werden von den Betrieben bisher wenig in Anspruch genommen.⁷² Auch Wald- und Gebäudebesitzer können sich gegen Sturmschäden versichern. Bieten Versicherer für bestimmte Schäden keine Versicherungen oder nur begrenzte Versicherungsleistungen an, so sind regionale und freiwillige Fond- und Unterstützungslösungen zu prüfen bzw. Hilfskooperation zu entwickeln, um entsprechende Risiken und Schäden wenigstens teilweise verringern, ausgleichen oder erstatten zu können.

⁷¹ siehe Element Vorsorgewissen

⁷² vgl. Garbert 2014

- ◆ **Vorsorgewissen:** Bei Informationen zum Vorsorgewissen geht es um die Vermittlung von Informationen dazu, wie konkret und vorausschauend in der Region gehandelt werden kann, um den Risiken des Klimawandels und entsprechender Extremwetterereignisse aktiv zu begegnen und damit einhergehende Chancen zu nutzen. Zu letzteren zählen z.B. zusätzliche Absatzmärkte für Handwerker und Dienstleister bei der Planung und Ausführung von Vorsorge- und Sicherungsmaßnahmen. Es geht also darum aufzuzeigen, wie Veränderungen im Sinne der Menschen vor Ort mitgestaltet werden können und welche Anpassungsmaßnahmen an z.B. zukünftig möglicherweise häufigere Hagel- oder stärkere Sturmereignisse ergriffen werden können, um die unerwünschten persönlichen, lokalen, regionalen und allgemeinen Auswirkungen zu begrenzen. Auch hier bieten sich zur Wissensvermittlung, je nach Personengruppe und Interesse, ganz unterschiedliche Veranstaltungsformate wie z.B. Vorträge, Workshops, Thementage, Mitmachaktionen sowie verschiedene Medieninhalte wie Blogs, Videoclips, Wurfsendungen, Zeitungsartikel usw. an.
- ◆ **Warn-Apps:** Warn-Apps sind eine spezielle Form der Warndienste. Diese Anwendungen für Smartphones können sowohl Professionelle, wie auch ganz allgemein Interessierte und Bürger nutzen, um – soweit das Telefonnetz intakt ist – zeitnah und weitgehend überall erreichbar über unmittelbare Gefahren oder Beschränkungen informiert zu werden. Durch den hohen Abdeckungsgrad von Mobiltelefonen in der Bevölkerung lässt sich eine relativ hohe Zahl von Personen in vergleichbar kurzer Zeit durch z.B. Benachrichtigungen per SMS oder Messenger direkt erreichen. Es können allgemeine Hagel- und Sturmwarnungen sowie besonders gefährdete Gebiete übermittelt werden, ergänzt durch weitere aktuelle Hinweise wie z.B. Einschränkungen durch gesperrte Verkehrswege oder Verhaltenstipps.⁷³ Angebote zum Abruf von speziellen Informationen für einzelne Interessensgruppen, wie z.B. ortsgenaue Daten zur Windgeschwindigkeit, die Landwirten Aussagen zur Flächenerosion ermöglichen oder Verkehrs(lenkungs)- und Bauunternehmen zeitnah und ortsbezogen Aussagen zur Gefahr z.B. durch Windböen bieten, könnten diese Angebote prinzipiell ergänzen und die Warn-Apps so attraktiver machen, d.h. zu deren weiteren Verbreitung beitragen.
- ◆ **Warndienste:** Die Einrichtung bzw. die Nutzung von Warndiensten ist zum einen eine Maßnahme, um direkt vor oder während Extremwetterereignissen Einsatzkräfte zu mobilisieren sowie Einsatz- und Rettungsabläufe effektiver zu

⁷³ Beispiele für Warn-Apps mit Informationen zu Sturm- und Hagelereignissen sind z.B. des Angebote des Deutschen Wetterdienstes (DWD) ([Link](#)/Stand: 08/2018), des Bundesamts für Bevölkerungsschutz und Katastrophenvorsorge (BBK) namens NINA ([Link](#)/Stand: 08/2018) sowie die Anwendungen BIWAPP ([Link](#)/Stand: 08/2018), UNWETTER-ALARM-APP ([Link](#)/Stand: 08/2018) und KATWARN ([Link](#)/Stand: 08/2018).

organisieren. So können beispielsweise Einsatzkräfte über Behinderungen auf Zufahrtswegen informiert werden. Darüber hinaus dienen Warndienste im Vorfeld von Extremwetterereignissen wie Stürmen dazu, die Bevölkerung und einzelne betroffene Gruppen in der Region auf bevorstehende Gefahrenlagen aufmerksam zu machen, sodass sie ihr Verhalten anpassen oder im Vorfeld Sicherungsmaßnahmen gegen Hagel bzw. starke Winde ergreifen können. Betroffenen über Anlaufstellen im Schadensfall mitzuteilen oder die Bevölkerung über sturmbedingte Verkehrsbeeinträchtigungen zu informieren, sind weitere Optionen. Perspektivisch lassen sich Warndienste gegebenenfalls auch durch spezielle Angebote für einzelne Nutzergruppen ergänzen, wie z.B. zeitnahe und ortbezogene Daten zu Windgeschwindigkeiten, sodass Landwirte bei Ernteeinsätzen in der Nähe von Verkehrswegen die Entwicklung von Staub in Richtung von z.B. Fahrbahnen verhindern können. Als Wege zur Übermittlung der Informationen dienen z.B. Radio, Fernsehen und das Internet⁷⁴. In einzelnen Fällen kann eventuell auch auf speziell eingerichtete Funkverbindungen, in Gemeinden gegebenenfalls noch installierte Lautsprecher-systeme sowie Lautsprecherwagen oder die klassischen Informationsketten von Tür zu Tür zurückgegriffen werden.

- ◆ **Windschneisen:** Mit Windschneisen kann in unterschiedlicher Weise zur Verringerung von Erosionsschäden und teils auch zur Abwehr von Sturmgefahren umgegangen werden. Einerseits können Windschneisen durch eine bewusste Positionierung von Gebäuden oder durch Anpflanzung von Büschen und Bäumen bewusst durchbrochen werden, sodass in die dahinter liegenden Bereiche vom Wind geschützt und beispielsweise Bodenpartikel nicht verweht werden oder der Druck auf Gebäude, Pflanzen, Masten, Aufbauten usw. abnimmt. Ebenso können Windschneisen zur gewünschten Lenkung des Windes eingesetzt werden. Durch bestehende bzw. mittels Bebauung oder Anpflanzungen gezielt eingerichtete Schneisen wird der Wind dann bewusst durch weniger erosions- und winddruckempfindliche Landschafts- oder Stadtbereiche gelenkt bzw. abgelenkt. Die in der Umgebung liegenden Flächen, Gebäude, Verkehrswege usw. sind entsprechend windgeschützt bzw. müssen so nur geringen Windlasten widerstehen.
- ◆ **Zustandsprüfung:** Materialien, Bauwerke, technische Anlagen, aber auch Bäume und Sträucher haben einen gewissen Lebenszyklus, d.h. es kommt über die Zeit zu Materialermüdungen, umweltbedingte Schäden oder Pflanzen und Teile von diesen sterben ab. Bäume und ihre Untergründe sind daher auf die Standfestigkeit hin zu prüfen und auch das Herausschneiden von Totholz gehört zu den Vorsorgemaßnahmen, die Sturmschäden und damit verbun-

⁷⁴ Ein Beispiel sind die Warnkarten des Deutschen Wetterdienstes (DWD), über die bundesweit oder nach Bundesländern differenziert, u.a. vor starken Windböen oder Hagel gewarnt wird ([Link](#)/Stand: 08/2018).

dene Gefahren für Menschen, Tiere und Sachwerte schon im Vorfeld verringern. Eine regelmäßige und sorgfältige Prüfung von z.B. Brücken, Abspannseilen, Dächern, Jalousien sowie der korrekte Sitz von Schutzgittern, -netzen und ähnlichen Schutzeinrichtungen ist ebenfalls ein wichtiger Bestandteil zur Vorbeugung von Hagel- und Sturmschäden. Plastikteile verlieren bei starker UV-Belastung ihre Festigkeit und werden spröde. Bauteile aus diesem Material, wie z.B. Rollläden, Oberlichter oder Türüberdachungen, sollten daher ebenso bewusst kontrolliert und bei Bedarf zusätzlich geschützt oder ersetzt werden. Darüber hinaus gilt es, bei Dachrinnen und Wasserabläufen Verstopfungen zu entfernen, denn starkem Hagel folgt häufig intensiver Regen und da Hagelkörner Abflüsse zusetzen können, ist deren Funktionsfähigkeit möglicherweise eingeschränkt, was die Gefahr von überlaufendem oder eindringendem Wasser steigen lässt.

6 Literatur (Auszug)⁷⁵

adelphi/PRC/EURAC (2015): Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel; Umweltbundesamt (Hrsg.), Climate Change 24/2015. Dessau-Roßlau; [Link](#) (Stand: 08/2018)

Ahlhelm, Inge/Frerichs, Stefan/Hinzen, Ajo et al. (2016): Klimaanpassung in der räumlichen Planung (Praxishilfe), Starkregen, Hochwasser, Massenbewegungen, Hitze, Dürre, Gestaltungsmöglichkeiten der Raumordnung und Bauleitplanung; Umweltbundesamt (Hrsg.). Dessau-Roßlau; [Link](#) (Stand: 08/2018)

BBK – Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (Hrsg.) (2017): Katastrophen-ALARM – Ratgeber für Notfallvorsorge und richtiges Handeln in Notsituationen, 4. Auflage. Bonn; [Link](#) (Stand: 08/2018)

BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.) (2015): Überflutungs- und Hitzevorsorge durch die Stadtentwicklung, Strategien und Maßnahmen zum Regenwassermanagement gegen urbane Sturzfluten und überhitzte Städte. Bonn; [Link](#) (Stand: 08/2018)

BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.) (2016): Anpassung an den Klimawandel in Stadt und Region, Forschungserkenntnisse und Werkzeuge zur Unterstützung von Kommunen und Regionen. Bonn; [Link](#) (Stand: 08/2018)

Benden, Jan/Riegel, Christoph/Trum, Anika/Theißen, Alexandra/Roelen, Ruth/Wentz, Frederic/Neht, Alice (2017): Gewerbeflächen im Klimawandel, Leitfaden zum Umgang mit Klimatrends und Extremwettern; Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr (ISB) der RWTH Aachen (Hrsg.). Aachen; [Link](#) (Stand: 08/2018)

Bender, S./Schaller, M. (2014): Vergleichendes Lexikon. - Wichtige Definitionen, Schwellenwerte und Indices aus den Bereichen Klima, Klimafolgenforschung und Naturgefahren, 2. ergänzte Fassung; Climate Service Center Germany. Geesthacht; [Link](#) (Stand: 08/2018)

Bender, S./Butts, M./Hagemann, S./Smith, M./Vereecken, H./Wendland, F. (2017): Der Einfluss des Klimawandels auf die terrestrischen Wassersysteme in Deutschland. Eine Analyse ausgesuchter Studien der Jahre 2009 bis 2013; Climate Service Center Germany Report 29. Hamburg; [Link](#) (Stand: 08/2018)

BFW – Bundesforschungszentrum für Wald (2017): Wege zum klimafitten Wald, BFW-Praxisinformation Nr. 44-2017. Wien; [Link](#) (Stand: 08/2018)

Billen, Norbert/Aurbacher, Joachim/Krimly, Tatjana (2007): Landwirtschaftlicher Hochwasserschutz – 10 Steckbriefe für 12 Maßnahmen; Universität Hohenheim, Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre (410a) (Hrsg.). Stuttgart; [Link](#) (Stand: 08/2018)

Blobel, Daniel/Tröltzsch, Jenny/Peter, Martin/Bertschmann, Damaris/Lückge, Helen (2016): Vorschlag für einen Policy Mix für den Aktionsplan Anpassung an den Klimawandel II; Umweltbundesamt (Hrsg.) Climate Change 19/2016. Dessau-Roßlau; [Link](#) (Stand: 08/2018)

⁷⁵ Auf der Webseite von KlimaWandelFit findet sich eine kommentierte und mit Schlagworten versehene Literatur- und Quellensammlung, in der weitere relevante Quellen ganz unterschiedlicher Formate, d.h. Studien, Kurzinformationen, Filme, Lernangebote, hilfreiche Werkzeuge usw. aufgelistet sind. Diese ist über www.KlimaWandelFit.de zu erreichen.

- BMUB** - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (**2012**): Wasserwirtschaftsverwaltung in den Ländern und Kommunen. Berlin; [Link](#) (Stand: 08/2018)
- BMUB** - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (**2015**): Den Flüssen mehr Raum geben, Renaturierung von Auen in Deutschland. Berlin; [Link](#) (Stand: 08/2018)
- BMUB** - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (**2016**): Hochwasserschutzfibel - Objektschutz und bauliche Vorsorge. Berlin; [Link](#) (Stand: 08/2018)
- BMUB/UBA** - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit/ Umweltbundesamt (Hrsg.) (**2016**): Die Wasserrahmenrichtlinie – Deutschlands Gewässer 2015. Bonn/Dessau-Roßlau; [Link](#) (Stand: 08/2018)
- BMUB/UBA** - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit/ Umweltbundesamt (Hrsg.) (**2017**): Wasserwirtschaft in Deutschland. Grundlagen, Belastungen, Maßnahmen. Berlin/Dessau-Roßlau; [Link](#) (Stand: 08/2018)
- Bundesregierung** der Bundesrepublik Deutschland (**2008**): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel, vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen. Berlin; [Link](#) (Stand: 08/2018)
- Bundesregierung** der Bundesrepublik Deutschland (**2011**): Aktionsplan Anpassung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel, vom Bundeskabinett am 31. August 2011 beschlossen. Berlin; [Link](#) (Stand: 08/2018)
- Deutscher Bundestag** (**2016**): Extreme Wetter- und Naturereignisse in Deutschland in den vergangenen 20 Jahren; Dokumentation Wissenschaftliche Dienste, Aktenzeichen WD8-3000-049/16. Berlin; [Link](#) (Stand: 08/2018)
- Düll, Evelyn/Flaig, Holger** (**2015**): Bodenwasserhaushalt und konservierende Bodenbearbeitung, Reihe KLIMOPASS-Berichte; Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) (Hrsg.). Karlsruhe; [Link](#) (Stand: 08/2018)
- Garbert, Johanna** (**2014**): Hagel, Sturm & Co: So sichern Sie ihre Ernte ab; in: top agrar 04/2014, S.44-50.
- GDV** – Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (**2007**): Schutz vor Überschwemmungen, Leitfaden für Schutzkonzepte und Schutzmaßnahmen bei Industrie- und Gewerbeunternehmen; VdS-Verlag - VdS 3521: 2007-2009 (01). Köln; [Link](#) (Stand: 08/2018)
- GDV** – Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (**2016**): Schutz vor Sturm; VdS-Verlag - VdS 2389: 2016-03 (02). Köln; [Link](#) (Stand: 08/2018)
- GDV** – Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (**2018**): Gebäudeschutz vor Hagel, Leitfaden zu Gefahren, Risiken, Schutzkonzepten, und Schutzmaßnahmen, VdS 6100 - 8. Entwurf für die erste Auflage, Stand: 26.03.2018. Köln; [Link](#) (Stand: 08/2018)
- Gömann, H./ Bender, A./ Bolte, A. et al.** (**2015**): Agrarrelevante Extremwetterlagen und Möglichkeiten von Risikomanagementsystemen; Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Abschlussbericht: Stand 3.6.2015, Thünen Report 30. Braunschweig; [Link](#) (Stand: 08/2018)

Hatzfeld, Fritz/Kurz, Susanne (2010): Klimaangepasstes Bauen – Kriteriensteckbrief „Widerstandsfähigkeit gegen Naturgefahren: Wind, Starkregen, Hagel, Schnee/feuchte Winter und Hochwasser“, Endbericht. Aachen; [Link](#) (Stand: 08/2018)

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2014): Klimaänderung 2014: Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) [Hauptautoren, R.K. Pachauri und L.A. Meyer (Hrsg.)]. IPCC, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn; [Link](#) (Stand 08/2018)

Kaulfuß, Susanne (2016): Wie senke ich das Sturmrisiko meines Waldes?; in: Handbuch Sturm – Eine Arbeitshilfe für die Sturmschadens, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) (Hrsg.); [Link](#) (Stand: 08/2018)

Kliem, Lea/George, Katja (2018): Von Starkregen bis Trockenheit – Anpassungsstrategien für die deutsche Landwirtschaft, Ergebnispapier des Stakeholderdialogs zur Klimaanpassung; Umweltbundesamt (Hrsg.). Dessau-Roßlau; [Link](#) (Stand: 08/2018)**LfL – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2018):** Hinweise zu Hochwasserschäden auf landwirtschaftlich genutzten Flächen. Freising; [Link](#) (Stand: 08/2018)

Lippeverband (2018 a): Stark gegen Starkregen - Das kann der Bürger gegen die Folgen von Starkregen tun. Projektwebseite. Essen; [Link](#) (Stand: 08/2018)

Lippeverband (2018 b): Stark gegen Starkregen - Das können Kommunen gegen Starkregen tun. Projektwebseite. Essen; [Link](#) (Stand: 08/2018)

LfU – Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) (2010): Hinweise zur Deichverteidigung und Deichsicherung. Augsburg; [Link](#) (Stand 08/2018)

LfULG – Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.) (2009): Klimawandel und Landwirtschaft, Fachliche Grundlage zur Anpassung der sächsischen Landwirtschaft an den Klimawandel. Dresden; [Link](#) (Stand: 08/2018)

LUBW – Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (Hrsg.) (2016): Leitfaden Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg. Karlsruhe; [Link](#) (Stand: 08/2018)

MKRO - Ministerkonferenz für Raumordnung (2016): Leitbilder und Handlungsstrategien für die Raumentwicklung in Deutschland, beschlossen von der 41. MKRO am 09. März 2016; Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (Hrsg.). Berlin; [Link](#) (Stand: 08/2018)

MKULNV - Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2015): Wald und Waldmanagement im Klimawandel – Anpassungsstrategie für Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf; [Link](#) (Stand: 08/2018)

Mohr, Susanna (2013): Änderung des Gewitter- und Hagelpotentials im Klimawandel; Dissertation, Wissenschaftliche Berichte des Instituts für Meteorologie und Klimaforschung des Karlsruher Instituts für Technologie Band 58. Karlsruhe; [Link](#) (Stand: 08/2018)

Nitsch, Heike/Röder, Norbert/Oppermann, Rainer/Baum, Sarah/Schramek, Jörg (2016): Naturschutzfachliche Ausgestaltung von Ökologischen Vorrangflächen, Praxishandbuch;

Institut für Ländliche Strukturforchung an der Goethe-Universität Frankfurt/Main (IfLS)
(Hrsg.). Frankfurt/Main; [Link](#) (Stand: 08/2018)

Piller, Wolfgang (2017): Mit der Pinzette auf dem Acker – Untersaaten; in: Bayerisches
Landwirtschaftliches Wochenblatt, Ausgabe 14/2017, Onlineversion; [Link](#) (Stand: 08/2018)

Prashun, Volker (2009): Bodenerosion hat viele Gesichter: 10 Jahre Foto-Monitoring;
Agroscope - Technical Report, January 2009; [Link](#) (Stand: 08/2018)

Prutsch, A./Felderer, A./Balas, M./König, M./Clar, C./Steurer, R. (2014): Methoden
und Werkzeuge zur Anpassung an den Klimawandel. Ein Handbuch für Bundesländer,
Regionen und Städte; Projekt FAMOUS (Factory for Adaptation Measures Operated by Users at
different Scales); Umweltbundesamt Österreich. Wien; [Link](#) (Stand: 08/2018)

Raupp, Manfred G./Hartman, Peter (2017): Agrarlexikon mit den wichtigsten Begriffen zur
Landwirtschaft im europäischen Umfeld, Bedeutung in deutscher und englischer Sprache
erklärt. Lörrach; [Link](#) (Stand: 08/2018)

Schön, S./Kruse, S./Meister, M./Nölting, B./Ohlhorst, D. (2007): Handbuch Konstellations-
analyse. Ein interdisziplinäres Brückenkonzept für die Nachhaltigkeits-, Technik- und
Innovationsforschung. München

Schönthaler, K./Andrian-Werburg, S. von/Rüth, P. van/Hempfen (2015): Monitoringbericht
2015 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel, Bericht der Interministeriellen
Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung; Umweltbundesamt (Hrsg.). Dessau-
Roßlau; [Link](#) (Stand: 08/2018)

Seiter, Christine/Flaig, Holger/Hartung, Karin/Ott, Jürgen/Breuer, Jörn/Möller, Kurt (2017):
Pflanzenbauliche und bodenökologische Auswirkungen von Pflug-, Mulch- und Direktsaat,
Systemvergleich Bodenbearbeitung, Abschlussbericht 2017; , Landwirtschaftliches
Technologiezentrum Augustenberg (LTZ) (Hrsg.), Informationen für die Pflanzenproduktion
05-2017. Karlsruhe; [Link](#) (Stand: 08/2018)

**Sieler, Friedhelm/Wilcke, Detlef/Reich, Michael/Rüter, Stefan/Jasper, Jörg/Salzmann,
Marc/Schmidt, Walter-A./Zacharias, Steffen/Nitzsche, Olaf (2007):** Vorbeugender
Hochwasserschutz durch Wasserrückhalt in der Fläche unter besonderer Berücksichtigung
naturschutzfachlicher Aspekte – am Beispiel des Flusseinzugsgebiets der Mulde in Sachsen,
Abschlussbericht. Hannover/Leipzig; [Link](#) (Stand: 08/2018)

SMUL – Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (Hrsg.) (2014):
Anpassungsmaßnahmen des Sächsischen Pflanzenbaus an den Klimawandel. Dresden; [Link](#)
(Stand: 08/2018)

Steininger, Michael/Wurbs, Daniel (2017): Bundesweite Gefährdung der Böden durch
Winderosion und Bewertung der Veränderung infolge des Wandels klimatischer Steuergrößen
als Grundlage zur Weiterentwicklung der Vorsorge und Gefahrenabwehr im Bodenschutzrecht;
Umweltbundesamt (Hrsg.), UBA-Texte 13/2017. Dessau-Roßlau; [Link](#) (Stand: 08/2018)

THW – Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (Hrsg.) (2001): Handbuch Hochwasserschutz
und Deichverteidigung, erarbeitet von Frank Loosen. Bonn/Bad Godesberg; [Link](#) (Stand:
08/2018)

Tröltzsch, Jenny/Görlach, Benjamin/Lückge, Helen/Peter, Martin/Sartorius, Christian (2012):
Kosten und Nutzen von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel, Analyse von 28

Anpassungsmaßnahmen in Deutschland; Umweltbundesamt (Hrsg.) Climate Change 10/2012. Dessau-Roßlau; [Link](#) (Stand: 08/2018)

UBA - Umweltbundesamt (**2016 a**): Erosion, Thema Boden - Landwirtschaft - Bodenbelastungen. Dessau-Roßlau; [Link](#) (Stand: 08/2018)

UBA - Umweltbundesamt (Hrsg.) (**2016 b**): Klimawirkungsketten. Dessau-Roßlau; [Link](#) (Stand: 08/2018)

Urbatzka, Peer/Cais, Kathrin/Rehm, Anna/Salzeder, Georg/Wiesinger, Klaus (**2011**): Erfolg mit Untersaaten; in: Bioland, Ausgabe 03/2011, S.9-10; [Link](#) (Stand: 08/2018)

VLK - Verband der Landwirtschaftskammern (**2010**): Klimawandel und Landwirtschaft - Anpassungsstrategien im Bereich Pflanzenbau, 2010 Fachinformationen. Berlin; [Link](#) (Stand: 08/2018)

VLK - Verband der Landwirtschaftskammern (**2012**): Klimawandel und Landwirtschaft - Anpassungsstrategien im Bereich Tierhaltung, 2012 Fachinformationen. Berlin; [Link](#) (Stand: 08/2018)

Wegmann, Ernst (**2010**): Verminderung der Sturmgefährdung unserer Wälder – eine Art Checkliste; in: Züricher Wald 1/2010, S.30-32. Elgg; [Link](#) (Stand: 08/2018)

WRRL - Wasserrahmenrichtlinie (WRRL **2000/60/EG**): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik; Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften; [Link](#) (Stand: 08/2018)

Wurbs, Daniel/**Steininger**, Michael (**2017**): Bodenerosion durch Wind - Sachstand und Handlungsempfehlungen zur Gefahrenabwehr, Umweltbundesamt (Hrsg.). Dessau-Roßlau; [Link](#) (Stand: 08/2018)