

# Dialoge zur Klimaanpassung Grundwasser zwischen Nutzung und Klimawandel



## Arbeitspapier zur Vorbereitung des Stakeholderdialogs zur Klimaanpassung Grundwasser zwischen Nutzung und Klimawandel

Autor/innen: Sabine Fritz, Jesko Hirschfeld, Katrin Mehler  
Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)

Stand: 8. Oktober 2014

### Inhalt

1.	Einleitung.....	2
2.	Politische Anpassungsaktivitäten auf Bundesebene .....	2
3.	Klimawandel und Grundwasser in Deutschland.....	3
3.1.	Klimawandel in Deutschland.....	3
3.2.	Auswirkungen des Klimawandels auf das Grundwasserdargebot .....	3
4.	Auswirkungen und Folgen eines veränderten Grundwasserspiegels .....	4
5.	Veränderungen des Wasserbedarfs.....	6
6.	Maßnahmen und Strategien.....	7
6.1.	Sinkender Grundwasserspiegel.....	8
6.2.	Steigender Grundwasserspiegel.....	9
7.	Schlussfolgerung und Diskussionsfragen.....	10
8.	Literatur.....	11



## 1. Einleitung

Die Zunahme von extremen Wetterereignissen sowie die Berichte des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) haben den Klimawandel in das Zentrum von politischen, gesellschaftlichen und ökonomischen Diskussionen gerückt. Dabei stand bislang der Schutz des Klimas im Mittelpunkt. Doch selbst wenn nationale und internationale Klimaschutzanstrengungen erfolgreich sind, können Veränderungen des Klimas nicht mehr vollständig verhindert werden (Field et al. 2012). Neben dem Klimaschutz wird daher eine Anpassung an nicht vermeidbare Auswirkungen des Klimawandels immer wichtiger. Anpassung sollte hierbei nicht als Rückzug aus der Verantwortung für den anthropogenen Klimawandel, sondern als Versuch der Minderung der Verwundbarkeit von Gesellschaft und Wirtschaft gegenüber unvermeidbaren Klimafolgen verstanden werden.

Für die Sicherung der Wasserversorgung in Deutschland spielt insbesondere das Grundwasser eine wichtige Rolle. Die Trinkwasserversorgung wird in Deutschland zu über 70 % aus dem Grundwasser gespeist (BGR 2014a). Gleichzeitig stehen der Wasserkreislauf und der Klimawandel in enger Beziehung zueinander. Steigen im Zuge des Klimawandels die Temperaturen, steigen damit auch die Verdunstungsraten an. In Folge dessen steht weniger Wasser für die Grundwasserneubildung zur Verfügung (BGR 2014b). Jedoch lassen sich viele der langsamen Veränderungen des Grundwassers nicht monokausal auf Klimafolgen zurückführen, da sie beispielsweise ebenso durch das Bevölkerungswachstum, Änderungen der Siedlungsformen, die Art der Nutzung der natürlichen Umwelt oder allgemein den wirtschaftlichen oder gesellschaftlichen Wandel beeinflusst werden (Die Bundesregierung 2008).

Auswirkungen des Klimawandels auf das Grundwasserdargebot können in einem sinkenden, steigenden oder schwankenden Grundwasserspiegel sichtbar werden. Regional und/oder saisonal kann es in Folge dessen zu Engpässen in der Wasserversorgung und damit zu Nutzungskonflikten kommen. Regionalspezifische Anpassungsmaßnahmen und Strategien, wie mit den sich verändernden Gegebenheiten der Klimafolgen umzugehen ist, müssen frühzeitig in den Planungen berücksichtigt werden, damit die Wasserver- und -entsorgung auch zukünftig zuverlässig sichergestellt werden kann.

Dieses Arbeitspapier stellt die aufgrund von Klimaszenarien erwarteten Einflüsse des Klimawandels für das Grundwasserdargebot vor, beschreibt mögliche Folgen und bezieht unterschiedliche Nutzungen sowie mögliche sich verschärfende Nutzungskonflikte ein. Erste Anpassungsmaßnahmen für den Umgang mit den Folgen eines veränderten Grundwasserdargebots werden skizziert.

Das Arbeitspapier bietet eine Informationsgrundlage für die inhaltliche Vorbereitung auf den Dialog zur Klimaanpassung „Grundwasser zwischen Nutzung und Klimawandel“ am 16. September in Berlin. Fragestellungen und Zielrichtung des Workshops werden im abschließenden Teil benannt.

## 2. Politische Anpassungsaktivitäten auf Bundesebene

Die natürlichen, sozialen und wirtschaftlichen Systeme sind direkt und indirekt von Änderungen des Klimas betroffen. Ihre Verwundbarkeit gegenüber den Folgen des Klimawandels zu verringern sowie die Anpassungsfähigkeit dieser Systeme zu erhalten bzw. zu erhöhen, ist das Ziel der 2008 auf Bundesebene beschlossenen Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS). Sie dient als Rahmen für einen mittelfristigen Prozess, welcher Bewusstsein schaffen, Betroffenheiten durch den Klimawandel analysieren, Gefahren und Risiken benennen und bewerten, sowie Handlungserfordernisse und Maßnahmen aufzeigen soll. Konkretisiert wurden die vom Bund gefassten Absichten in Zusammenarbeit mit den Ländern und relevanten gesellschaftlichen Akteuren. Sie wurden 2011 als Aktionsplan Anpassung (APA) beschlossen (Die Bundesregierung 2008; Die Bundesregierung 2011).

### 3. Klimawandel und Grundwasser in Deutschland

#### 3.1. Klimawandel in Deutschland

Obwohl Deutschland eines der Länder ist, die im globalen Vergleich nicht so stark vom Klimawandel betroffen sind und sein werden, werden auch hier die Folgen spürbar sein. Ein Vergleich der verschiedenen Modelle und Szenarien ergibt, dass bis 2050 eine mittlere Temperaturerhöhung zwischen 0,6 und 1,4°C erwartet wird. Allein 2012 lag die mittlere Temperatur Deutschlandweit mit 9,1°C bereits um 0,9 K über dem der klimatologischen Normalperiode 1961 – 1990 (DWD 2014a). Bis 2100 könnte die mittlere Temperatur um 2,1°C bis 5,5°C ansteigen (Helmholtz Gemeinschaft 2014). Dabei können regional und lokal große Unterschiede auftreten.

Die Niederschlagsmuster in Deutschland werden sich sowohl in ihrer räumlichen Verteilung als auch hinsichtlich der jeweiligen Niederschlagsmenge verändern. Die Veränderungen des Niederschlags unterliegen weit stärkeren Unsicherheiten als die prognostizierten Veränderungen der Temperatur, was eine Betrachtung der möglichen Bandbreite der Veränderung notwendig macht (REGKLAM-Konsortium 2013). Bei den Sommerniederschlägen kann mit einer Abnahme zwischen 13 und 46% bis zum Ende des Jahrhunderts gerechnet werden, besonders im Südwesten. Die Winterniederschläge nehmen nach den derzeitigen Projektionen bis 2100 um bis zu 33% zu (Helmholtz Gemeinschaft 2014). In Bezug auf den gesamten Jahresniederschlag werden nur geringe Änderungen von meistens +/- 5% des bisherigen Wertes erwartet (DWD 2014d). Jedoch kann es bezüglich der regionalen und saisonalen Verteilung deutliche Unterschiede geben. Grundsätzlich wird erwartet, dass die Niederschlagsmengen sich von den Sommer- in die Wintermonate verschieben werden (DWA 2010; Helmholtz Gemeinschaft 2014; DWD 2014b). Seit 1882 kann bereits beobachtet werden, dass die Niederschlagssumme im Mittel um 26% im Winter gestiegen sind, während sie seit 1881 im Sommer im Mittel geringfügig zurückgingen (DWD 2014c).

Zusätzlich zu diesen Änderungen der mittleren Klimaverhältnisse ist davon auszugehen, dass Häufigkeit und Intensität von Extremwetterereignissen zunehmen werden. Im Vergleich zu Projektionen für mittlere Temperaturen und Niederschlagsmengen sind Projektionen für Extremwetterereignisse mit noch größeren Unsicherheiten verbunden. Bis 2100 wird bezüglich der Tage mit Temperaturen über 30°C mit einer Zunahme um 7 bis 36 Tagen pro Jahr gerechnet (Helmholtz Gemeinschaft 2014). Auch Starkniederschläge – insbesondere im Winter und an den Küsten – werden wahrscheinlich häufiger auftreten (Helmholtz Gemeinschaft 2014; Birkmann et al. 2012). Des Weiteren ist mit einem Anstieg der Auftrittswahrscheinlichkeit von heute 100-tägigen Starkregenereignissen von 25% - 50% zu rechnen, insbesondere im Norden und in Küstengebieten (Deutschländer, Dalenlane 2012).

#### 3.2. Auswirkungen des Klimawandels auf das Grundwasserdargebot

In Deutschland werden Wasser und Trinkwasser auch zukünftig nicht knapp werden. Es kann dennoch temporär und lokal durch Trockenperioden und Nutzungskonkurrenzen zu Engpässen kommen.

Für das Grundwasserdargebot spielen insbesondere Änderungen der Verdunstung, die von der Temperatur aber auch der Landnutzung abhängt, und Änderungen der Niederschläge eine wichtige Rolle. Höhere Temperaturen führen zu einer stärkeren Verdunstung, sodass weniger Wasser versickert und für die Grundwasserneubildung zur Verfügung steht. Der Niederschlag beeinflusst sowohl den Abfluss an der Oberfläche als auch die Grundwasserneubildung. Besonders die Winterniederschläge sind für die Grundwasserneubildung prioritär, da zu dieser Jahreszeit die Verdunstungsraten gering sind, ein größerer Anteil des Niederschlags als im Sommer somit versickern und zur Grundwasserneubildung führen kann (BGS Umwelt 2010). Die Grundwasserneubildung wird des Weiteren durch natürliche Faktoren wie Bodenart, geologischen Aufbau des Untergrundes, Topographie, Tiefe des Grundwassers

und Lage zu den Gewässern beeinflusst (BGS Umwelt 2010; BMU 2008). Die anthropogenen Faktoren sind vor allem Landnutzung, insbesondere die Flächenversiegelung, und der Umgang mit dem Niederschlagswasser. Während bei den natürlichen Einflüssen nur langfristig Änderungen durch Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen möglich sind, bieten anthropogene Randbedingungen Möglichkeiten zur kurzfristigeren Anpassung (Umweltamt Dresden 2013).

Ein veränderter saisonaler und Jahresniederschlag kann die Grundwasserneubildungsrate und damit die Grundwasservorräte beeinflussen (BMBF 2010). Dabei muss ein veränderter Jahresniederschlag nicht zwangsläufig einen geringen Grundwasservorrat im Sommer bewirken. Die Größe des Grundwasserreservoirs beeinflusst dabei, inwieweit höhere Niederschläge im Winter geringere Sommerniederschläge und höhere Verdunstungsraten ausgleichen können.

Eine Veränderung des Jahresniederschlags ist besonders in Gebieten problematisch, in denen die Grundwasserleiter bereits heute strapaziert sind bzw. aufgrund ihrer begrenzten Größe eine saisonale Verschiebung der Niederschläge (und höhere Verdunstungsraten) in Zukunft im Rahmen ihrer Speicherkapazitäten nicht ausgleichen können. Die Problematik geringerer Grundwasservorräte im Sommer kann außerdem verstärkt werden, wenn durch höhere Temperaturen und einer damit einhergehenden höheren Verdunstung zusätzlich noch weniger Wasser zur Versickerung zur Verfügung steht (BMBF 2010).

In der Region um Dresden ist aufgrund einer höheren Verdunstung und geringeren Jahresniederschlägen mit einer starken Abnahme der Grundwasserneubildung zu rechnen, die Ergebnisse weisen aber eine große Bandbreite auf. So wird mit einem Rückgang der langjährigen mittleren Grundwasserneubildungsrate um 20 – 50% (im Mittel um 35%) gerechnet im Vergleich zur Referenzperiode 1961-1990 (Umweltamt Dresden 2013).

Ebenso wie in Dresden ist auch in Brandenburg mit einer starken Abnahme der Grundwasserneubildung zu rechnen, in dem „Worst-Case-Szenario“ sogar um bis zu 40%. In Brandenburgs Wäldern ist eine Ursache dafür zu finden: durch einen erhöhten Transpirationsbedarf sinken die Versickerungsraten in den Wäldern (Birkmann et al. 2012).

In Hessen ist eine hohe Variabilität der Grundwasserneubildungsrate zu beobachten. Während in trockenen Jahren wie zwischen 1971-1976 nur wenige Millimeter neues Grundwasser gebildet werden konnte (BGS Umwelt 2010), kann zukünftig dagegen in den Nassjahren teilweise mit Anstiegen der mittleren Grundwasserneubildungsrate um ca. 25% bis 2050 gerechnet werden. Das entspräche dem Wert der Nassdekade von 1981-1990. Die Verlagerung des Niederschlags in die Wintermonate ist eine Ursache für den projizierten Anstieg der Grundwasserneubildungsrate, da die Neubildung von Grundwasser vorwiegend in den Wintermonaten stattfindet (Hergesell, Berthold 2008; Kämpf et al. 2008).

Grundsätzlich ist bei einer Erwärmung der Luft eine mögliche Erwärmung des Grundwassers und damit einhergehend die Frage nach der Wasserqualität zu beachten, da eine Wassererwärmung tendenziell mit einer Beeinträchtigung der Rohwasserqualität einhergeht (DWA 2010). Auf diese Problematik kann nachfolgend aber nicht weiter eingegangen werden, da dies nicht im Fokus des Dialogs steht.

#### 4. Auswirkungen und Folgen eines veränderten Grundwasserspiegels

Veränderte Grundwasserspiegel – sowohl steigende, sinkende als auch schwankende – führen zu Auswirkungen, die sich auf Wasserwirtschaft und Ökosysteme teils positiv, häufig jedoch eher negativ auswirken. Wenn die Wasserver- und -entsorgung auch zukünftig zuverlässig sichergestellt werden soll, werden in zahlreichen Fällen Anpassungsmaßnahmen erforderlich.

### Steigende Grundwasserspiegel

In Regionen, in denen sich die Grundwasserneubildung stark in die Wintermonate verschiebt, weil die Winterhalbjahre feuchter werden, kann mit steigenden Grundwasserspiegeln gerechnet werden. Verstärkt werden kann dies durch weitere Einflüsse wie den demographischen Wandel (Bevölkerungsrückgang) oder einem generell geringeren Wasserbedarf (Wasser sparen, Steigerung der Effizienz der Wassernutzungen). Diese Regionen könnten möglicherweise sogar eine stärkere wasserwirtschaftliche Nutzung des Raumes zulassen (Castell-Exner, Zenz 2010; DWA 2011). Eine höhere Grundwasserneubildungsrate kann auch Verdünnungseffekte mit sich bringen, sodass eine bessere Qualität infolge einer geringeren Konzentration von Schadstoffen des Grundwassers erreicht werden kann (Berthold, Hergesell 2005).

Steigende Grundwasserspiegel können jedoch auch zu negativen Auswirkungen führen. Insbesondere in Regionen, in denen natürlicherweise ein geringer Grundwasserflurabstand besteht, können steigende Grundwasserspiegel zu Vernässung führen. Dies kann Schäden an Gebäuden und Bauwerken (Keller, Fundament) verursachen (Castell-Exner, Zenz 2010; DWA 2011; Berthold, Hergesell 2005). Gleichzeitig besteht die Möglichkeit, dass Ackerflächen (Verfaulen der Aussaat, Verschiebung der Bestellung der Felder, Staunässe), Waldflächen (Staunässe) oder Biotope vernässen, oder dass Auswaschungen aus den Ackerflächen von beispielsweise Nitrat verstärkt auftreten können (BMU 2008; Berthold, Hergesell 2005). Eine Veränderung der Nutzungsmöglichkeiten von Gärten sowie land- und forstwirtschaftlichen Flächen kann die Folge sein. Eine Überflutung von tieferliegenden Flächen (z.B. Straßen, Unterführungen) ist ebenfalls möglich (DWA 2011; Berthold, Hergesell 2005).

Weitere Folgen eines steigenden Grundwasserspiegels können eine Erhöhung der Grundwassermenge in Dränagen und Brunnen sein, sowie die Erhöhung der Fremdwassermenge durch Infiltration in Kanalisation, Pumpwerken, Regenwasserbehandlungsanlagen und Kläranlagen. Bei einer Sanierung von undichten Abwasserkanälen kann es zusätzlich zu einer Erhöhung des Grundwasserspiegels und dadurch zu Vernässungen und Überflutungen kommen, sollte die dränende Wirkung der Abwasserkanäle entfallen (DWA 2011).

### Sinkende Grundwasserspiegel

Von dauerhaft sinkenden Grundwasserspiegeln sind insbesondere Regionen betroffen, in denen eine (saisonal) geringe Neubildung mit einem insgesamt vergleichsweise kleinen Grundwasservorkommen einhergeht, da diese die Variabilität der Niederschläge weniger gut auffangen können (DWA 2010). Längerfristige Trockenphasen bei hohen Temperaturen führen außerdem zu längeren Zeiträumen mit Spitzenwasserbedarf. Diese können Nutzungskonkurrenzen entstehen lassen oder verschärfen: In der Landwirtschaft kann es zu einem erhöhten Wasserbedarf aufgrund zunehmender Bewässerung (notwendige Wassermenge pro Flächeneinheit und Größe der bewässerten Fläche) kommen. Bei der Trinkwasserversorgung kann es zu einem erhöhten Bedarf von Wasser für die Gartenbewässerung, Duschen und Waschen kommen. Demographische Faktoren können diese Effekte regional schwächen oder verstärken (DWA 2011; Rohn, Mälzer 2010; Bildungsserver Klimawandel 2014; Berthold, Hergesell 2005). Sinkt der Grundwasserspiegel, kann dies auch eine Einschränkung für die Forstwirtschaft bedeuten, da Bäume in Trockenphasen das tiefergelegene Wasser nicht erreichen und Schaden nehmen könnten (HMULV 2005).

Auch weitere Landökosysteme wie beispielsweise Auengebiete, Feuchtwiesen oder Moore können von sinkenden Grundwasserspiegeln betroffen sein – mit Folgen für den Natur- und Klimaschutz. Denn sollten Moore beispielsweise aufgrund eines niedrigen Grundwasserstandes trockenfallen, büßen sie ihre Funktion als CO<sub>2</sub>-Speicher ein und geben im Gegenteil große Mengen an Treibhausgasen in die

Atmosphäre ab (Trepel 2008). Intakte Moore filtern zudem Schadstoffe aus dem Wasser und geben Wasser in gutem qualitativen Zustand an das Grundwasser ab (BUND Bremen, Erlebnis Bremerhaven, Gesellschaft für Touristik, Marketing und Veranstaltungen mbH 2014).

Bei sinkenden Grundwasserspiegeln kann es zu Exfiltration von verschmutztem Wasser aus beschädigten Abwasserkanälen in das Grundwasser kommen, sodass eine Gefährdung des Grundwassers durch diffuse Stoffeinträge steigt (BMBF 2010, DVGW 2008).

Nicht nur bei steigendem, sondern auch bei sinkendem Grundwasserspiegel kann eine Gefahr für die Bebauung (beispielsweise durch Setzungsrisse) bestehen (Kämpf et al. 2008). Statische Gefährdung der Standsicherheit kann für Gebäude, Tunnel, Bauwerke oder auch Abwasserkanäle bestehen, die im Grundwasser gegründet wurden (BMBF 2010).

Eine weitere Problematik ist der geringere Vordruck, den sinkende Grundwasserspiegel nach sich ziehen. Dies verursacht Kavitationsprobleme bei Brunnenpumpen, welches im Extremfall zum Trockenfallen von Brunnen führen kann (DWA 2010).

Des Weiteren kann ein sinkender Grundwasserspiegel zu Änderungen der Strömungsverhältnisse des Grundwassers führen, was in Küstenregionen dazu führen kann, dass Salzwasser in den Grundwasserleiter eintritt. Dies würde die Rohwasserbeschaffenheit langfristig beeinflussen (DVGW 2008).

#### Schwankende Grundwasserspiegel

Eine weitere Problematik ergibt sich, wenn Grundwasserstände periodisch schwanken. Das heißt, es gibt sehr feuchte Jahre, in denen der Grundwasserspiegel ansteigt – was zu den oben genannten Vernässungsproblemen führen kann. In besonders trockenen Jahren können die Grundwasserspiegel dagegen stark absinken – was mit den bezeichneten Problemen bei sinkenden Grundwasserspiegeln verbunden sein kann. In solchen Regionen muss das Wassermanagement auf beide Situationen vorbereitet sein und sowohl die Land-, Forstwirtschaft als auch im Bauwesen müssen beide Extreme berücksichtigt werden (HMULV 2005).

## 5. Veränderungen des Wasserbedarfs

Die Struktur und der Umfang der Nutzung des Grundwassers sind in ihren Anteilen regional verschieden und hängen insbesondere von den jeweiligen naturräumlichen, wirtschaftlichen und demographischen Faktoren ab. Verschärfen können sich Problematiken des Grundwasserdargebots dort, wo das Grundwasser zur Sicherung des (Trink-)Wasserbedarfs anderer Regionen mitgenutzt wird (HMULV 2005).

Es lassen sich aktuell deutschlandweit nahezu in allen Bereichen Rückgänge der Wasserbedarfe feststellen, die eine Übernutzung der Grundwasservorräte derzeit nicht erwarten lassen. So ist die Entnahme seit 1991 um 30% gesunken (BMU 2013). In der öffentlichen Wasserversorgung wurden 2004 beispielsweise deutschlandweit 5,37 km<sup>3</sup> gewonnen, davon 3,52 km<sup>3</sup> aus dem Grundwasser. 2007 waren es 5,13 km<sup>3</sup> deutschlandweit (3,16 km<sup>3</sup> aus Grundwasser) und 2010 5,08 km<sup>3</sup> (3,1 km<sup>3</sup> aus Grundwasser) (Statistisches Bundesamt 2013). Außer in Bergbauregionen ist nach Wasserrahmenrichtlinie deutschlandweit ein guter mengenmäßiger Zustand des Grundwassers festzustellen (WasserBLiCk/BfG 2014), wobei regionale Auswirkungen auf das Grundwasser durch die kommunale Wassergewinnung durchaus möglich sind.

Der demographische Wandel und auch Abwanderungen vom Land in die Stadt verändern die Siedlungsstrukturen und damit auch die regionsspezifischen Wasserbedarfe (Birkmann et al. 2012). Zwischen 1991 und 2004 ging die Wasserentnahme in Deutschland im Durchschnitt um circa 18 %

zurück. Ein Grund hierfür ist das „Wassersparen“, bei dem sich unter anderem der Einsatz von verbrauchsarmen Toilettenspülungen, Wasch-, Geschirrspülmaschinen, Duschköpfen oder generell von wassersparendem Verhalten in der Bevölkerung verbreitet hat (Pawlowski 2008). Dieses sich verändernde Verbrauchsverhalten der privaten Haushalte muss bei der Frage nach Nutzungskonflikten oder Wassermangel berücksichtigt werden.

In Regionen mit sinkendem Grundwasserspiegel kann dies zu einer Entlastung, in Regionen mit steigendem Grundwasserspiegel zur Verschärfung der angesprochenen Probleme führen.

## 6. Maßnahmen und Strategien

In der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) werden zu Anpassungsmaßnahmen und Strategien grundsätzliche Aussagen getroffen: So sollen bei der Auswahl von Maßnahmen stets diejenigen bevorzugt werden, die Möglichkeiten zur flexiblen Nachsteuerung und der Berücksichtigung von Unsicherheiten aufweisen. Ebenso sind die Maßnahmen mit Synergieeffekten zur Bewältigung verschiedener Klimafolgen zu fördern (Die Bundesregierung 2008).

Um die Wasserver- und -entsorgung auf die Herausforderungen vorzubereiten, die der Klimawandel und weitere Einflussfaktoren mit sich bringen, kann es kein allgemeingültiges Handlungsmuster geben. Stattdessen müssen die regionalen Bedingungen betrachtet und regionale Anpassungskonzepte entwickelt werden (DWA 2010).

Trotzdem gibt es sowohl für sinkende als auch für steigende Grundwasserstände Anpassungsmaßnahmen, die auf andere Regionen übertragbar sind. Im Folgenden werden einige dieser technischen sowie institutionellen Maßnahmen exemplarisch näher betrachtet<sup>1</sup>.

Fortgesetzte naturwissenschaftliche Forschung zu den regionalen Auswirkungen des Klimawandels auf die natürlichen Wasserhaushalte sowie die Erstellung und Diskussion von sozioökonomischen Szenarien hinsichtlich der Entwicklung der regionalen Nutzungsmuster ist unabdingbar, um die notwendigen Daten für die langfristige Planung von Anpassungsmaßnahmen bereitzustellen (REGKLAM-Konsortium 2013).

Auch die Raumplanung kann Einfluss nehmen, indem sie auf regionaler oder lokaler Ebene im Flächennutzungs- bzw. Bebauungsplan Flächen für die Wasserversorgung sichert. Auf Ebene der Regionalplanung können Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für die Wasserversorgung ausgewiesen werden (Birkmann et al. 2012).

Auch gibt es Prämissen, die sowohl auf einen sinkenden oder einen steigenden Grundwasserspiegel der Region anwendbar sind und einbezogen werden können: Planungskonzepte können unter

---

<sup>1</sup> Im Rahmen der Fördermaßnahme „Klimazug - Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung sind die Projekte „dynaklim - Dynamische Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels in der Emscher-Lippe-Region (Ruhrgebiet)“<sup>1</sup> und „REGKLAM - Entwicklung und Erprobung eines Integrierten Regionalen Klimaadaptionsprogramms für die Modellregion Dresden“ zu nennen. Des Weiteren ist auch das Projekt „AnKliG - Anpassungsstrategien an Klimatrends und Extremwetter und Maßnahmen für ein nachhaltiges Grundwassermanagement“ im Hessischen Ried der Fördermaßnahme „Klimazwei“ ebenfalls des Bundesministeriums für Bildung und Forschung zu nennen.

Im Projekt *dynaklim* wurden im Rahmen der „Roadmap 2020“ Maßnahmenkataloge für die Themenfelder „Wassersensible Stadtentwicklung“, „Sichere Wasserversorgung“, „Konkurrierende Wassernutzung“, „Klimafokussierte Wirtschaftsentwicklung“ und „Hitzeangepasste Stadtstrukturen“ erstellt.

Im Projekt REGKLAM wurden insbesondere im Heft 7 „Integriertes Regionales Klimaadaptionsprogramm für die Region Dresden - Grundlagen, Ziele und Maßnahmen“ Maßnahmenblätter zu den Themenfeldern „Städtebauliche Strukturen, Grün- und Freiflächen sowie Gebäude“, „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“, „Land- und Forstwirtschaft“, „Gewerbliche Wirtschaft“ sowie „Naturschutz“ erstellt.

Berücksichtigung von Unsicherheit erarbeitet, Maßnahmen zum Monitoring entwickelt und erweitert, Wasserentnahmen aller Nutzer erfasst und die Bedarfe aufeinander abgestimmt werden. Kriterien zur vor- bzw. nachrangigen Nutzung des Wassers können gesetzlich verankert werden. Eine Prüfung bzw. Umsetzung von regionalen Verbundmöglichkeiten kann angegangen werden (dynaklim 2013).

## 6.1. Sinkender Grundwasserspiegel

### Institutionelle Maßnahmen

In Gebieten mit niedrigem Grundwasserstand und geringer Neubildungsrate kann es temporär zu ökologisch und sozioökonomisch unverträglich niedrigen Grundwasserständen kommen, auch wenn die jährlichen Entnahmemengen das mittlere Dargebot nicht überschreiten und somit im Jahresdurchschnitt grundsätzlich unbedenklich wären. Eine mögliche Maßnahme ist in diesem Fall eine Festlegung von ortsbezogenen Grenzgrundwasserständen, die nicht unterschritten werden dürfen. Empfindliche Ökosysteme oder die Bebauung sollen mit dieser Maßnahme geschützt werden. Eine ähnliche Maßnahme ist die Wahrung einer Ökosystemreserve von 20% der mittleren jährlichen Grundwasserneubildung, die bei der Wasserbilanzbetrachtung zur Erteilung von Entnahmeerlaubnissen berücksichtigt werden kann (Umweltamt Dresden 2013).

Um die Grundwasserneubildung zu erhöhen, ist es insbesondere in urbanen Räumen wichtig, dass die Versiegelung der Flächen durch das Einsetzen von wasserdurchlässigen Belägen begrenzt sowie ausreichend Grün- und Freiflächen geschaffen werden (Umweltamt Dresden 2013). Diese Maßnahmen zur Steuerung der Flächennutzung und der Wasserentsorgung dienen nicht nur der Grundwasserneubildung, sondern sind auch im Sinne des Umganges mit Starkregen und/oder Hochwasserereignissen sinnvoll. Die Mischwasserkanalisation muss weniger in Anspruch genommen und das Regenwasser nicht anschließend aufwendig gereinigt werden. Die chemischen Belastungen können gemindert werden, die sonst bei Starkregenereignissen bei einem Überlaufen der Mischwasserkanalisation in umliegende Gewässer auftreten (Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa 2010). Die Maßnahme kann neben ihrer Flexibilität auch einen ökonomischen Vorteil bieten gegenüber dem Bau bzw. der Erweiterung von Regenwasserbehandlungsanlagen oder Regenrückhaltebecken (dynaklim o.J.; REGKLAM-Konsortium 2013).

Des Weiteren kann eine Handlungsanleitung für die Verwaltungen der unteren Wasserbehörden und der Landesdirektion erarbeitet werden, in der ein einheitlicher Entscheidungsrahmen für die Erteilung von wasserrechtlichen Gestattungen, die Erlaubnis und Bewilligung umfassen, unter der Berücksichtigung des Klimawandels vorgegeben wird. Eine solche Handlungsanleitung kann ebenfalls Prüfungen bereits bestehender Erlasse und deren mögliche Änderungen aufgrund veränderter Anforderungen sowie Vorgaben zur Überprüfung genehmigungsfreier Nutzungen bei Niedrigwasserständen beinhalten (REGKLAM-Konsortium 2013).

Eine Maßnahme zur Sicherung der Wasserversorgung kann auch die gesetzliche Priorisierung der Nutzergruppen darstellen (dynaklim 2013). Das Land Rheinland-Pfalz hat beispielsweise einen Entwurf eines neuen Landeswassergesetzes im Grundsatz beschlossen, in dem unter anderem verankert ist, dass die öffentliche Trinkwasserversorgung Vorrang vor den anderen Nutzungen genießt (MULEWF 2014).

Zudem müssen Planer und Baugrundgutachter verstärkt die Gefährdung der Bebauung durch niedrige Grundwasserstände bei künftigen Planungen miteinbeziehen, um Schäden vorzubeugen (Umweltamt Dresden 2013).



Als eine Maßnahme zur Steigerung der Grundwasserneubildung ist der Umbau von monokulturellen Nadelwäldern hin zu laubholzbasierter Mischwäldern, da die Grundwasserneubildungsrate im Winter dort höher ist. Allerdings weisen Laubbäume andere Ansprüche an Wasser und Nährstoffe auf, sodass eine Umwandlung nicht überall möglich ist. Hinzu kommt, dass Nadelholz – zumindest derzeit – deutlich wirtschaftlicher ist als Laubholz (KLIMZUG-NORD Verbund 2014).

#### Technische Maßnahmen

Zu den technischen Maßnahmen zählt der Einsatz von Infiltrationsanlagen zur künstlichen Grundwasseranreicherung. Dabei wird zu Trinkwasserqualität aufbereitetes (Oberflächen-)Wasser durch Versickerung dem Grundwasser zugeführt. Das Grundwasserdargebot kann damit erhöht werden. So können auch Grundwasserspiegelabsenkungen, die sich durch Grundwasserförderungen ergeben, auf eine ökologisch verträgliche Höhe ausgeglichen werden. Infiltration kann auch dazu genutzt werden, einen Mindestgrundwasserstand zur Vermeidung von Schäden an der Bebauung anzusteuern (BGS Umwelt 2010). Das REGKLAM-Projekt in Dresden beschreibt, dass bereits nach heutiger Rechtslage die Wasserbehörde von Benutzern des Grundwassers fordern kann, dass nach der Nutzung das Wasser wieder dem Untergrund zugeführt wird, um die Grundwasservorräte zu schonen. Gleichzeitig muss insbesondere bei der thermischen Nutzung des Grundwassers darauf geachtet werden, dass erwärmtes Wasser vorher beispielsweise durch eine Warmwasseraufbereitung genutzt und damit gekühlt wird, sodass das Grundwasser nicht erwärmt wird (Umweltamt Dresden 2013). Auch die Wiedereinleitpflicht in Berlin bei großen Baumaßnahmen, im Zuge derer das Grundwasser abgesenkt werden muss, führt zu einer Verringerung der Belastung des Grundwasserhaushaltes (Hannappel, Limberg 2007).

## 6.2. Steigender Grundwasserspiegel

#### Institutionelle Maßnahmen

Die bereits beschriebene Problematik der möglichen Vernässung von Gebäuden sollte künftig bei der kommunalen Planung von Regionen mit hohen Grundwasserständen verstärkt beachtet werden, um das vorhandene Schadenspotenzial nicht noch weiter zu vergrößern (Umweltamt Dresden 2013; Berthold, Hergesell 2005).

Das Projekt REGKLAM geht einen Schritt weiter, indem eine Verlagerung empfindlicher Nutzungen aus dauerhaft vernässungsgefährdeten Gebieten vorgeschlagen wird. Es ginge dabei um Gebiete, die langfristig betrachtet und ohne die Verstärkung von Gegenmaßnahmen tendenziell dauerhaft vernässt sein würden. Notwendig wäre dafür eine zuverlässige Projektion über die Niederschlagsentwicklung (REGKLAM-Konsortium 2013).

Berlin beispielsweise ist lokal begrenzt von steigenden Grundwasserspiegeln bereits heute betroffen, auch wenn die Ursachen dahinter hauptsächlich nicht im Klimawandel zu finden sind. Um einem lokal steigenden Grundwasserspiegel entgegenzuwirken, werden die Fördermengen der Wasserwerke umverteilt (Berliner Wasserbetriebe o.J.). Solche Maßnahmen sind auch auf Änderungen des Wasserspiegels aufgrund des Klimawandels anwendbar.

#### Technische Maßnahmen

Speziell für die Begrenzung des Grundwasseranstiegs konzipierte Anlagen könnten in manchen Regionen notwendig werden, um die Bebauung oder die Infrastruktur vor Vernässungsschäden zu schützen. Diese Anlagen können saisonal bzw. in den Nassperioden betrieben werden. Das entnommene

Wasser wird in einigen Regionen anderweitig, beispielsweise zur Bewässerung, genutzt. Da dies aus Qualitätsaspekten nicht überall möglich ist, wird das Wasser oftmals in Fließgewässer eingeleitet. Voraussetzung dafür ist eine ausreichende Abflussleistung des Vorfluters (BGS Umwelt 2010).

Als Lösungsansatz für die ferne Zukunft nennt das Projekt *dynaklim* die Maßnahme der Speicherung von Grundwasser in den Zeiten, in denen die Grundwasserneubildung die Nachfrage stark übersteigt (dynaklim 2013).

## 7. Schlussfolgerung und Diskussionsfragen

Um auch in Zukunft eine sichere Wasserver- und -entsorgung gewährleisten zu können, müssen frühzeitig Klimaveränderungen berücksichtigt, Anpassungsoptionen geprüft und Maßnahmen geplant und umgesetzt werden. Ziel des eintägigen Workshops ist es daher, Herausforderungen, Anpassungsmaßnahmen und -strategien für die Wasserver- und -entsorgung zu diskutieren, Voraussetzungen für ein klimaresilientes Grundwassermanagement, sowie Anknüpfungspunkte an bereits bestehende Managementansätze zu erarbeiten. Dabei soll gemeinsam mit den Teilnehmenden ein Austausch darüber hergestellt werden, welche über die vorliegenden Datengrundlagen hinausgehenden Datenbedarfe bestehen, um eine langfristige Planung zu ermöglichen. Auch soll diskutiert werden, wie die unterschiedlichen Akteurs- und Nutzergruppen in den Prozess einzubinden sind und wie ein Interessensausgleich im Fall von Nutzungskonflikten erzielt werden könnte. Darüber hinaus sollen weitere Unterstützungsmöglichkeiten insbesondere auf Bundesebene kommuniziert sowie generell der Bedarf an Unterstützung identifiziert werden.

Die Fragestellungen, die den Stakeholderdialog zur Klimaanpassung - Grundwasser zwischen Nutzung und Klimawandel begleiten werden, sind daher folgende:

- Welche Herausforderungen und Entwicklungen sind durch die Folgen des Klimawandels in Deutschland für die Wasserver- und -entsorgung sowie für die verschiedenen Wassernutzer zu erwarten?
- Welche Herausforderungen ergeben sich aus sinkenden oder steigenden Grundwasserspiegeln für Wasserwirtschaft und Wassernutzer bereits heute und möglicherweise verstärkt in der Zukunft? Welche quantitativen (und qualitativen) Wasserveränderungen sind zu bewältigen?
- Welche Folgen des Klimawandels werden in welchen Regionen prioritär und wie können die Nutzungen an diese regional differenzierten Grundwasserverfügbarkeiten angepasst werden?
- Welche Akteure können oder sollten kommunal, regional und auf Bundesebene an einem Konzept für ein klimarobustes und sektorenübergreifendes Management des Grundwasserdargebots mitwirken?
- Welche Anpassungsstrategien und -maßnahmen sind in Planung oder werden/wurden bereits erfolgreich umgesetzt? Wie lassen sie sich auf andere Regionen übertragen? Wie werden sie kommuniziert?
- Wie können Maßnahmen und Anpassungsmöglichkeiten kommuniziert und langfristig beispielsweise in ein sektorenübergreifendes Grundwassermanagement, in Planungsprozesse und die Gesetzgebung integriert werden?
- Welche Rahmenbedingungen können langfristig ein angepasstes sektorenübergreifendes Grundwassermanagement befördern?

## 8. Literatur

- Bildungsserver Klimawandel (2014): Wasserressourcen und Klimawandel. URL: [http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Wasserressourcen\\_und\\_Klimawandel](http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Wasserressourcen_und_Klimawandel). Aufgerufen am 20.08.2014.
- Birkmann, J.; Schanze, J.; Müller, P.; Stock, M. (Hrsg.) (2012): Anpassung an den Klimawandel durch räumliche Planung – Grundlagen, Strategien, Instrumente. E-Paper der ARL Nr. 13, Hannover. URL: [http://shop.arl-net.de/media/direct/pdf/e-paper\\_der\\_arl\\_nr13.pdf](http://shop.arl-net.de/media/direct/pdf/e-paper_der_arl_nr13.pdf) Aufgerufen am 11.08.2014.
- Berliner Wasserbetriebe (o.): Grundwasserbewirtschaftung - effektiv und flexibel. URL: <http://www.bwb.de/content/language1/html/4163.php> Aufgerufen am 15.08.2014.
- Berthold, G.; Hergesell, M. 2005: Flächendifferenzierte Untersuchungen zu möglichen Auswirkungen einer Klimaänderung auf die Grundwasserneubildung in Hessen. Abschlussbericht für den Bereich Grundwasser. Wiesbaden.
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe [BGR] (2014a): Grundwasser. URL: [http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Wasser/grundwasser\\_node.html](http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Wasser/grundwasser_node.html). Aufgerufen am 13.08.2014.
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe [BGR] (2014b): Klimawandel und Grundwasser. URL: [http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Zusammenarbeit/TechnZusammenarbeit/Politikberatung\\_GW/Grundwasser\\_IWRM/Klimawandel-Grundwasser/klimawandel-grundwasser\\_node.html](http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Zusammenarbeit/TechnZusammenarbeit/Politikberatung_GW/Grundwasser_IWRM/Klimawandel-Grundwasser/klimawandel-grundwasser_node.html). Aufgerufen am 13.08.2014.
- BGS Umwelt (2010): Forschung für den Klimaschutz und Schutz vor Klimawirkungen. Anpassungsstrategien an Klimatrends und Extremwetter und Maßnahmen für ein nachhaltiges Grundwassermanagement. Darmstadt. URL: [http://www.hlug.de/fileadmin/dokumente/das\\_hlug/veranstaltungsarchiv/klimawandel\\_idstein/Schlussbericht\\_A\\_NKLIG.PDF](http://www.hlug.de/fileadmin/dokumente/das_hlug/veranstaltungsarchiv/klimawandel_idstein/Schlussbericht_A_NKLIG.PDF) Aufgerufen am 14.08.2014.
- BUND Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland, Landesverband Bremen; Erlebnis Bremerhaven, Gesellschaft für Touristik, Marketing und Veranstaltungen mbH - Bremerhaven Touristik (2014): Moorschutz ist Grundwasser- und Gewässerschutz. URL: <http://www.moor-land.de/index.php?id=moormap-gewaesser>. Abgerufen am 25.08.2014.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung [BMBF] (2010): Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben Wassersensible Stadtentwicklung. Maßnahmen für eine nachhaltige Anpassung der regionalen Siedlungswasserwirtschaft an Klimatrends und Extremwetter. Aachen. URL: [http://www.cleaner-production.de/fileadmin/assets/bilder/BMBF-Projekte/01LS05017\\_-\\_Abschlussbericht.pdf](http://www.cleaner-production.de/fileadmin/assets/bilder/BMBF-Projekte/01LS05017_-_Abschlussbericht.pdf) Aufgerufen am 14.08.2014.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMU) (2013): Wasserwirtschaft in Deutschland. Teil 1: Grundlagen.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit [BMU] (2008): Grundwasser in Deutschland. Berlin. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3642.pdf> Aufgerufen am 14.08.2014.
- Castell-Exner, C.; Zenz, T. (2010): Klimawandel und Wasserversorgung. In: DVGW energie | wasser-praxis 3/2010 S.20-23. Bonn. URL: <http://www.dvgw.de/fileadmin/dvgw/wasser/ressourcen/1003castell.pdf> Aufgerufen am 14.08.2014.
- Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. [DVGW] (2008): Neue Richtungen in der Wasserforschung. DVGW Technologie-Report Nr. 1/08. Bonn. URL: [http://www.dvgw.de/fileadmin/dvgw/angebote/forschung/report/pdf/tr1\\_08.pdf](http://www.dvgw.de/fileadmin/dvgw/angebote/forschung/report/pdf/tr1_08.pdf) Aufgerufen am 14.08.2014.
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft [DWA] (2010): Klimawandel - Herausforderungen und Lösungsansätze für die deutsche Wasserwirtschaft. Hennef.
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft [DWA] (2011): Wirkung und Folgen möglicher Klimaänderungen auf den Grundwasserhaushalt. Hennef.

- Die Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. URL: [http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das\\_gesamt\\_bf.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf). Aufgerufen am 04.08.2014.
- Die Bundesregierung 2011: Aktionsplan Anpassung der deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. URL: [http://www.nordwest2050.de/doc/aktionsplan\\_anpassung\\_klimawandel.pdf?unid=6c4e6f537f0396d3107a956fee433096](http://www.nordwest2050.de/doc/aktionsplan_anpassung_klimawandel.pdf?unid=6c4e6f537f0396d3107a956fee433096). Aufgerufen am 04.08.2014.
- Deutscher Wetterdienst [DWD] (2014a): Zeitreihen von Gebietsmitteln. URL: [http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?\\_nfpb=true&\\_state=maximized&\\_windowLabel=T82002&T82002gsbDocumentPath=Navigation%2FOeffentlichkeit%2FKlima\\_\\_Umwelt%2FKlimadaten%2Fkldaten\\_\\_kostenfrei%2Fdaten\\_\\_gebiete\\_mittel\\_\\_node.html%3F\\_\\_nnn%3Dtrue&\\_pageLabel=\\_dwdwww\\_klima\\_umwelt\\_klimadaten\\_deutschland](http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_state=maximized&_windowLabel=T82002&T82002gsbDocumentPath=Navigation%2FOeffentlichkeit%2FKlima__Umwelt%2FKlimadaten%2Fkldaten__kostenfrei%2Fdaten__gebiete_mittel__node.html%3F__nnn%3Dtrue&_pageLabel=_dwdwww_klima_umwelt_klimadaten_deutschland). Aufgerufen am 25.08.2014.
- Deutscher Wetterdienst [DWD] (2014b): Deutscher Klimaatlas. In: Deutscher Wetterdienst. Wetter und Klima aus einer Hand. Deutscher Klimaatlas. URL: [http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?\\_nfpb=true&\\_pageLabel=P28800190621308654463391](http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=P28800190621308654463391). Aufgerufen am 19.08.2014.
- Deutscher Wetterdienst [DWD] (2014c): Auch Deutschland benötigt Empfehlungen zur Anpassung an den Klimawandel. URL: [http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?\\_nfpb=true&\\_pageLabel=dwdwww\\_menu2\\_presse&T98029gsbDocumentPath=Content%2FPresse%2FPressemitteilungen%2F2014%2F20140331\\_\\_IPCC\\_\\_news.html](http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=dwdwww_menu2_presse&T98029gsbDocumentPath=Content%2FPresse%2FPressemitteilungen%2F2014%2F20140331__IPCC__news.html). Aufgerufen am 01.09.2014.
- Deutscher Wetterdienst [DWD] (2014d): Mittlere Niederschlagshöhen. URL: [http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?\\_nfpb=true&\\_pageLabel=dwdwww\\_klima\\_umwelt&T166200241851225197772306gsbDocumentPath=Navigation%2FOeffentlichkeit%2FHomepage%2FKlimawandel%2FZWEK\\_\\_RR\\_\\_node.html%3F\\_\\_nnn%3Dtrue](http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=dwdwww_klima_umwelt&T166200241851225197772306gsbDocumentPath=Navigation%2FOeffentlichkeit%2FHomepage%2FKlimawandel%2FZWEK__RR__node.html%3F__nnn%3Dtrue). Aufgerufen am 27.08.2014.
- Deutschländer, T.; Dalenlane, C. (2012): Auswertung regionaler Klimaprojektionen für Deutschland hinsichtlich der Änderung des Extremverhaltens von Temperatur, Niederschlag und Windgeschwindigkeit. Ein Forschungsvorhaben der ressortübergreifenden Behördenallianz. Abschlussbericht. Offenbach am Main. URL: [http://www.dwd.de/bvbw/generator/DWDWWW/Content/Presse/Pressekonferenzen/2012/PK\\_\\_30\\_\\_10\\_\\_12/Studie\\_\\_20121030,templated=raw,property=publicationFile.pdf/Studie\\_20121030.pdf](http://www.dwd.de/bvbw/generator/DWDWWW/Content/Presse/Pressekonferenzen/2012/PK__30__10__12/Studie__20121030,templated=raw,property=publicationFile.pdf/Studie_20121030.pdf). Aufgerufen am 01.09.2014.
- dynaklim (2013): Roadmap 2020. Regionale Klimaanpassung in ausgewählten Themenfeldern. Essen. URL: <http://dynaklim.ahu.de/dynaklim/dms/templating-kit/themes/dynaklim/pdf/Roadmap2013/dynaklim-roadmap2013-webedition.pdf> Aufgerufen am 14.08.2014.
- dynaklim (o.J.): Factsheet Anpassungsfähige, nachhaltige Regenwasserbewirtschaftung. Essen. URL: <http://dynaklim.ahu.de/dynaklim/index/dynaklim0/Projektergebnisse/e3-2.html> Aufgerufen am 14.08.2014.
- Field, C.B.; V. Barros; T.F. Stocker & Q. Dahe (2012): Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC (Hrsg.) Cambridge/ New York: Cambridge University Press. URL: [https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX\\_Full\\_Report.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX_Full_Report.pdf) Aufgerufen am 14.08.2014.
- Hannappel, S.; Limberg, A. (2007): Ermittlung des Flurabstands des oberflächennahen Grundwassers in Berlin. In: Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge 1-2007 S.65-74. URL: [http://www.geobasis-bb.de/GeoPortal1/produkte/fachkarten/lbgr/pdf/1\\_07\\_Hannappel\\_65-74.pdf](http://www.geobasis-bb.de/GeoPortal1/produkte/fachkarten/lbgr/pdf/1_07_Hannappel_65-74.pdf) Aufgerufen am 14.08.2014.
- Helmholtz Gemeinschaft (2014): Regionaler Klimaatlas Deutschland, Februar. URL: <http://www.regionaler-klimaatlas.de>,. Zugriffsdatum: 25.08.2014.
- Hergesell, M.; Berthold, G. (2008): Auswirkungen des Klimawandels auf Grundwasser in Hessen. In: Jahresbericht 2007 Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie [HLUG] S. 45-53. Wiesbaden. URL: [http://www.hlug.de/fileadmin/dokumente/das\\_hlug/jahresbericht/2007/2007\\_045-054.pdf](http://www.hlug.de/fileadmin/dokumente/das_hlug/jahresbericht/2007/2007_045-054.pdf) Aufgerufen am 14.08.2014.

- Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz [HMULV] (2005): Das Hessische Ried. Zwischen Vernässung und Trockenheit: eine komplexe wasserwirtschaftliche Problematik. Wiesbaden. URL: [http://www.hlug.de/fileadmin/dokumente/wasser/grundwasser/artikel/broschuere\\_hess\\_ried\\_1.pdf](http://www.hlug.de/fileadmin/dokumente/wasser/grundwasser/artikel/broschuere_hess_ried_1.pdf) Aufgerufen am 14.08.2014.
- Kämpf, M. et al. (2008): Auswirkungen des Klimawandels auf eine nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung. In: DVGW energie | wasser-praxis 1/2008 S. 49-53. Bonn. URL: [http://www.klimazwei.de/Portals/0/AnKliG-2008-Auswirkungen\\_Energie-Wasser-Praxis.pdf](http://www.klimazwei.de/Portals/0/AnKliG-2008-Auswirkungen_Energie-Wasser-Praxis.pdf) Aufgerufen am 14.08.2014.
- KLIMZUG-NORD Verbund (Hrsg.) (2014): Kursbuch Klimaanpassung - Handlungsoptionen für die Metropolregion Hamburg. Hamburg.
- Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten Rheinland-Pfalz [MULEWF] (2014): Ein neues Landeswassergesetz für Rheinland-Pfalz. URL: <http://www.wasser.rlp.de/servlet/is/7834/> Aufgerufen am 11.08.2014.
- Pawlowski, L. (2008): Aspekte zum Wassersparen. URL: [http://www.kompetenz-wasser.de/fileadmin/user\\_upload/pdf/downloads/Wassersparen/20080829\\_Herausforderungen\\_fuer\\_die\\_Siedlungswasserwirtschaft.pdf](http://www.kompetenz-wasser.de/fileadmin/user_upload/pdf/downloads/Wassersparen/20080829_Herausforderungen_fuer_die_Siedlungswasserwirtschaft.pdf) Aufgerufen am: 18.08.2014.
- REGKLAM-Konsortium (Hrsg.) (2013): Integriertes Regionales Klimaanpassungsprogramm für die Region Dresden. Grundlagen, Ziele und Maßnahmen. REGKLAM-Publikationsreihe, Heft 7. Berlin. URL: [http://www.regklam.de/fileadmin/Daten\\_Redaktion/Publikationen/Grundlagen\\_Ziele\\_Ma%C3%9Fnahmen\\_v2.0\\_final\\_online.pdf](http://www.regklam.de/fileadmin/Daten_Redaktion/Publikationen/Grundlagen_Ziele_Ma%C3%9Fnahmen_v2.0_final_online.pdf) Aufgerufen am 14.08.2014.
- Rohn, A.; Mälzer, H.-J. (2010): Herausforderungen der Klimawandel-Auswirkungen für die Trinkwasserversorgung - Aktivität A 4.1.1 im BMBF- Verbundprojekt dynaklim. Essen. URL: [http://dynaklim.ahu.de/dynaklim/dms/templating-kit/themes/dynaklim/pdf/publikationen/Publikationen/dynaklim-Publikation-03-Nov-2010\\_Homepage/Nr.%2003%20November%202010%20Herausforderungen%20der%20Klimawandelauswirkungen%20f%C3%BCr%20die%20TW-Versorgung.pdf](http://dynaklim.ahu.de/dynaklim/dms/templating-kit/themes/dynaklim/pdf/publikationen/Publikationen/dynaklim-Publikation-03-Nov-2010_Homepage/Nr.%2003%20November%202010%20Herausforderungen%20der%20Klimawandelauswirkungen%20f%C3%BCr%20die%20TW-Versorgung.pdf) Aufgerufen am 14.08.2014.
- Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa (2010): Regen Wasser – natürlich. Dezentral. bewirtschaften. Bremen. URL: <http://www.umwelt.bremen.de/sixcms/media.php/13/Regenwasser-Brosch%FCre%20web.pdf>. Aufgerufen am: 04.09.2014.
- Statistisches Bundesamt (2013): Öffentliche Wasserversorgung und öffentliche Abwasserentsorgung - Öffentliche Wasserversorgung. Fachserie 19 Reihe 2.1.1. URL: [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltstatistischeErhebungen/Wasserwirtschaft/WasserOeffentlich2190211109004.pdf;jsessionid=85EABEDE8516E0EEEEB2E0AAD855AEFE.cae2?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltstatistischeErhebungen/Wasserwirtschaft/WasserOeffentlich2190211109004.pdf;jsessionid=85EABEDE8516E0EEEEB2E0AAD855AEFE.cae2?__blob=publicationFile) Aufgerufen am 20.08.2014.
- Trepel, M. (2008): Zur Bedeutung von Mooren in der Klimadebatte. In: Jahresbericht des Landesamtes für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein 2007/2008. S. 61-74. Flintbek. URL: <https://www.umweltdaten.landsh.de/nuis/upool/gesamt/jahrbe07/Zur%20Bedeutung%20von%20Mooren.pdf> Aufgerufen am 14.08.2014.
- WasserBLicK/BfG (2014): Mengenmäßiger Zustand der Grundwasserkörper in Deutschland, Daten bezogen auf das Berichtsjahr 2010. URL: <http://geoportal.bafg.de/mapnavigator/mapnavigator.jsp?thematicGroup=DE-public&fg=0> Aufgerufen am 03.09.2014.
- Umweltamt Landeshauptstadt Dresden (2013): Grundwasserbewirtschaftung und Klimawandel. Handlungsansätze für Planungsträger und Genehmigungsbehörden. REGKLAM Teilprojekt 3.2.2. Dresden. URL: [http://www.regklam.de/fileadmin/Daten\\_Redaktion/Publikationen/Ergebnisberichte/P3.2.2e\\_Bewirtschaftungsleitfaden\\_v1.0.pdf](http://www.regklam.de/fileadmin/Daten_Redaktion/Publikationen/Ergebnisberichte/P3.2.2e_Bewirtschaftungsleitfaden_v1.0.pdf) Aufgerufen am 14.08.2014 Aufgerufen am 14.08.2014.

**Veranstalter**

Umweltbundesamt  
KomPass – Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung  
Sebastian Ebert  
Wörlitzer Platz 1  
D-06844 Dessau-Roßlau  
Tel.: +49 (0)340-2103-3122  
Fax: +49 (0)340-2014-3122  
E-Mail: [sebastian.ebert@uba.de](mailto:sebastian.ebert@uba.de)  
[www.anpassung.net](http://www.anpassung.net)

**Konzeption und Durchführung**

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) GmbH, gemeinnützig  
Sabine Fritz  
Potsdamer Straße 105  
D-10785 Berlin  
Tel. +49 (0)30-884 594-55  
Fax +49 (0)30-882 543 9  
E-Mail: [sabine.fritz@ioew.de](mailto:sabine.fritz@ioew.de)

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

