

Klimaresiliente Weiterentwicklung des Trinkwasserzukunftskonzeptes für die Region Leipzig

Die Wasserversorgung der Stadt Leipzig ist ein historisch gewachsenes System, welches sich in seiner aktuellen Grundstruktur seit dem Ende des 19. Jahrhunderts bewährt. **Um auch in Zukunft eine moderne, sicherere und wirtschaftliche Wasserversorgung gewährleisten zu können**, haben die Leipziger Wasserwerke in Zusammenarbeit mit verschiedenen Fachberatern Untersuchungen zur **zukünftigen Entwicklung der Trinkwasserbedarfe und Grundwasserdarangebote** durchgeführt. Das eigens für die regionalspezifischen Charakteristiken abgeleitete Klimadaten-Kernensemble diente hierbei der Ermittlung zukünftiger Spitzenbedarfe sowie als Grundlage zur Fortschreibung der räumlich und zeitlich hochaufgelösten Grundwasserneubildungsberechnungen. Im Ergebnis zeigt sich, dass **zukünftig steigende Trinkwasserbedarfe langfristig gleichbleibenden bis sogar steigenden Grundwasserdarangeboten gegenüberstehen**. Verschiedene Plausibilitätsprüfungen bestätigen die Ergebnisse. Mögliche zukünftige Herausforderungen werden bei der Bewältigung zeitlich begrenzter Extrempereoden gesehen. Die Bewirtschaftung dezentraler Standorte unterschiedlicher Gewinnungscharakteristiken ist der Grundstein, um auch in Zukunft eine havarie- und klimaresiliente Trinkwasserversorgung sicherzustellen.

von: Dr. Ulrich Meyer, Laslo Städtler, Sven Mauder (alle: Leipziger Wasserwerke) & Dr. Andreas Marx (Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung UFZ)

Seit dem Beginn der Bewirtschaftung der Gewinnungsgebiete östlich von Leipzig wurden wiederholt Folgejahre von Nass- und Trockenperioden beobachtet, die sich auch auf die Füllstände der Grundwasserkörper auswirkten (Abb. 1). Die jüngste Trockenperiode zwischen den Jahren 2018 und 2020 haben die Leipziger Wasserwerke zum Anlass genommen, das bestehende Zukunftskonzept, welches u. a. die Modernisierung und Optimierung der bestehenden Infrastruktur vorsieht, um Betrachtungen der zukünftigen Klimaentwicklung zu erweitern. Dabei sollen Auswirkungen langfristiger sowie kurzzeitiger Klimaänderungen auf die Trinkwasserbedarfe und Grundwasserdarangebote identifiziert werden. Hinsichtlich der Bedarfsentwicklung müssen neben dem Klima weitere Faktoren (wie z. B. Bevölkerungsentwicklung und spezifische Bedarfe) berücksichtigt werden.

Methoden

Anhand von historischen Beobachtungen sowie Zukunftsprojektionen des

Klimas sollen Auswirkungen auf die Entwicklung der Trinkwasserbedarfe sowie der Grundwasserdarangebote ermittelt werden (Abb. 2).

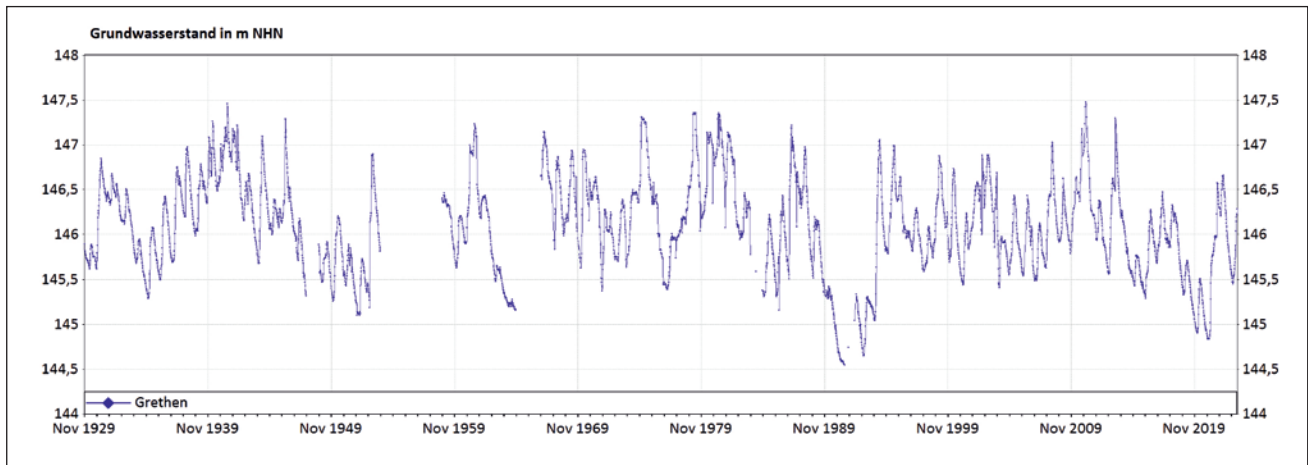
In der vorliegenden Studie wurden regionalisierte Klimasimulationen unter zwei „repräsentativen Konzentrationspfaden“ (RCP-Szenarien) untersucht [1]. Das „Klimaschutzszenario“ RCP2.6 führt dabei für Deutschland zu einer Erwärmung von ungefähr 1,2 °C, während im „Weiter-so-Szenario“ RCP8.5 mit einer Erwärmung von 3,6 °C bis zum Ende des Jahrhunderts gerechnet wird. Insgesamt stehen für beide Szenarien 70 Klimasimulationen zur Verfügung. Im Rahmen eines Bund-Länder-Fachgesprächs [2, 3] verständigte man sich auf Anforderungen an die Erstellung von Kernensembles, die trotz einer Reduktion der Anzahl die Statistik über alle Simulationen bestmöglich abdecken sollen.

Durch das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) wurde ein Klimadaten-Kernensemble [4] entsprechend den regionalen Gebietspezifika der von

den Wasserwerken bewirtschafteten Versorgungs- und Gewinnungsgebiete erstellt. Neben der Statistik der Änderungen von Jahresniederschlag und -temperatur wurde die Änderung der Grundwasserneubildung (GWN) ebenfalls zur Auswahl der Klimasimulationen für das Kernensemble berücksichtigt. Am UFZ wurde dazu die GWN mit dem mesoskaligen hydrologischen Modell (mHM) für alle 70 Klimasimulationen berechnet [5]. Die Ergebnisse daraus dienen u. a. als Grundlage für die aktuelle Klimafolgenstudie des DVGW [6].

Für die Ermittlung der zukünftigen Grundwasserdarangebote wurde ein GWN-Modell entsprechend der lokalen Gebiets-eigenschaften und dem historisch beobachteten Klima für den Zeitraum 1990–2020 räumlich und zeitlich hochdifferenziert aufgebaut [7]. Dazu fand eine detaillierte Aufarbeitung der Gebiets-eigenschaften u. a. hinsichtlich Geologie [8], Bodentyp [9], Landnutzung [10], topografischem Feuchteindex [11] und Flurabstand statt. Das fertiggestellte Modell hat eine räumliche Auflösung von

Quelle: die Autoren



Quelle: die Autoren nach UFZ und UBA

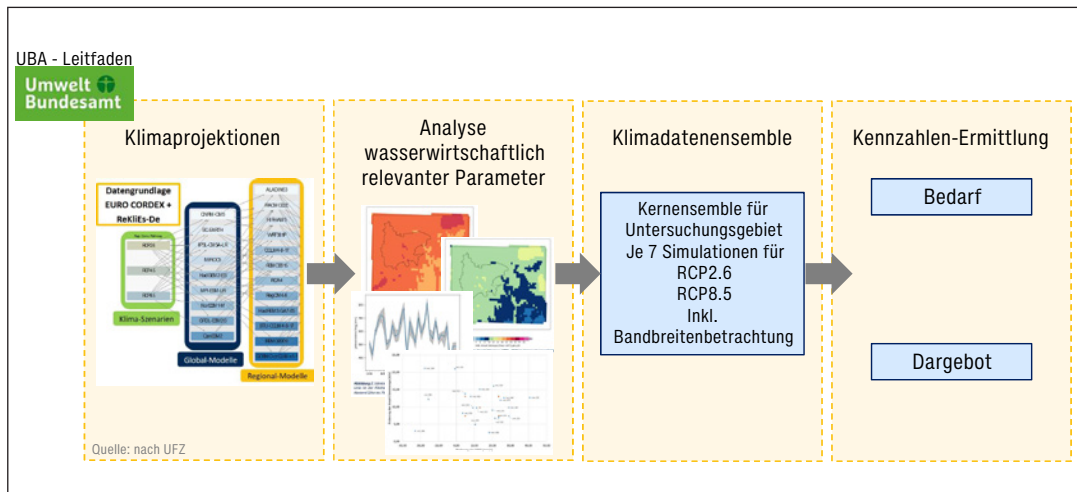


Abb. 1: Langjährige Ganglinie der Grundwasserstände an der Messstelle Grethen in der Trinkwasserschutzzone IIIB Naunhof (Datenquelle: IDA-Portal)

Abb. 2: Schema des Grobkonzepts zur Ermittlung der klimabedingten Änderungen von Trinkwasserbedarf und Grundwasserangebot

0,0015 bis 0,15 km² und beschreibt eine Fläche von ca. 1.400 km². Um die komplexen Wechselwirkungen der grundwasserneubildenden Prozesse in der Pedosphäre realitätsnah beschreiben zu können, war es erforderlich, die Zeitschrittweite tagesscharf zu wählen. Hierfür wurde das Modellkonzept RUBINFLUX [12] gewählt, welches aktuell u. a. auch vom Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz zur landesweiten Ermittlung der historischen und für die Zukunft projizierten GWN genutzt wird. Die Plausibilisierung des GWN-Modells mit beobachteten Niedrigwasserabflüssen oberirdischer Gewässer sowie gemessenen Sickerwasserraten an einem Lysimeterstandort im Modellgebiet zeigte, dass die beobachtete Historie vom Modell hinsichtlich Dynamik und Betrag hinreichend genau wiedergegeben wird.

Die mittleren Trinkwasserbedarfe wurden zunächst für den Zeitraum 2003-

2020 differenziert nach Verbrauchergruppen ermittelt [13]. Dabei erfolgte eine Analyse hinsichtlich mittlerer Tagesverbräuche sowie spezifischem Pro-Kopf-Verbrauch. Die für die Historie ermittelten Kennzahlen wurden anhand offizieller Schätzungen zur zukünftigen Bevölkerungsentwicklung fortgeschrieben.

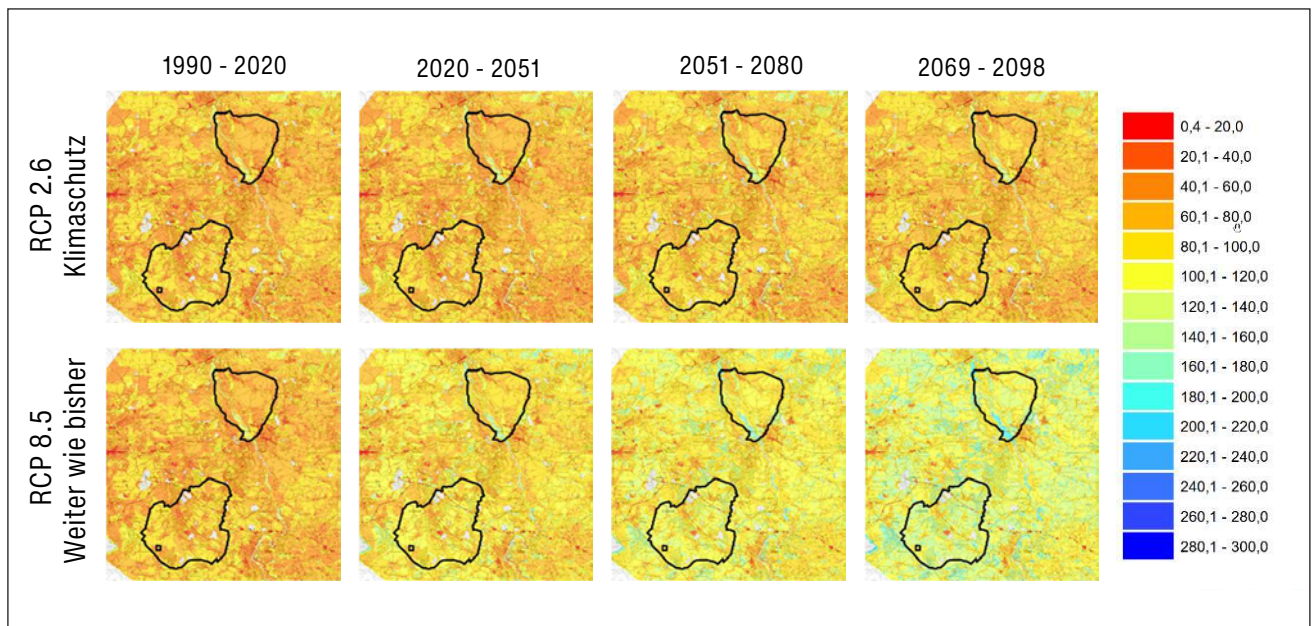
Zur Ermittlung der täglichen Spitzenbedarfe wurden die Trinkwasserabgaben der Jahre 2007 bis 2020 ausgewertet und mit Daten des beobachteten Lokal-Klimas korreliert. Zielstellung war die Ableitung einer empirischen Funktion, die für die Projektion zukünftiger Spitzenbedarfe auf Basis des UFZ-LWW-Klimadaten-Kernensembles herangezogen werden kann.

Ergebnisse und Diskussion

Die Analysen des UFZ-LWW-Klimadaten-Kernensembles ergeben, dass

sowohl unter dem RCP2.6- als auch unter dem RCP8.5-Szenario mittlere Jahrestemperaturen und mittlere Jahresniederschläge langfristig tendenziell ansteigen, wobei unter RCP8.5 die Tendenzen hinsichtlich beider Parameter deutlich stärker ausgeprägt sind. Für Betrachtungen zum Verbrauchsverhalten sowie zum Wasserhaushalt spielt insbesondere die saisonale Parameterverteilung eine Rolle. Hier zeigt sich, dass von den Klimamodellen eine Zunahme der GWN-relevanten Winterniederschläge projiziert wird. Die projizierten Zunahmen von Sommer- und Hitzetagen spielen beim Verbrauchsverhalten eine Rolle.

Parameterspezifische Plausibilitätsprüfungen mit projizierten Klimaentwicklungen u. a. gemäß DWD [14, 15] und UBA [16] bestätigen die mit dem UFZ-LWW-Kernensembles ausgewiesenen Tendenzen, hinsichtlich z. B. projizierter Zunahmen der Winter- ➤



Quelle: die Autoren

Abb. 3: Ergebnisse des mit Klimaprojektionen angetriebenen Grundwasserneubildungs-Modells: langfristige Entwicklung für Zeitscheiben [7]

niederschläge sowie Sommer- und Hitzetagen.

Die Fortschreibung des GWN-Modells mit den Klimaprojektionsdaten zeigt für die Zukunft, dass sowohl unter Annahme des „Klimaschutzszenarios“ RCP2.6 als auch unter Annahme des „Weiter-wie-bisher-Szenarios“ RCP8.5 in der langfristigen Betrachtung kein Rückgang der GWN zu erwarten ist; unter Annahme des RCP8.5 ist sogar eine Zunahme der GWN wahrscheinlich (Abb. 3).

Diese Ergebnisse decken sich in ihrer Charakteristik mit Ergebnissen anderer langjähriger GWN-Berechnungen mit Klimadatenensembles. So werden im Rahmen der Klimafolgenstudie des DVGW geringe Zunahmen der zukünftigen GWN für Deutschland ausgewiesen [6]. Studien zur zukünftigen Entwicklung des Wasserhaushalts zeigen für die Bundesländer Nordrhein-Westfalen [17] und Niedersachsen [18] im Mittel keine signifikanten Veränderungen der GWN, wobei es naturräumlich bedingte Unterschiede und jahreszeitliche Verschiebungen gibt.

Im Gegensatz dazu werden signifikante Rückgänge der zukünftigen GWN mit den für Sachsen durchgeführten KliWES-Studien ausgewiesen [19, 20], wobei hier keine Klimadaten-Ensemble-Be-

trachtungen gemäß Leitfaden des Umweltbundesamtes [2, 3] stattfanden. Die in den KliWES-Projekten festgestellten Abweichungen in den GWN-Berechnungen lassen sich allein aufgrund der Verwendung von sehr trockenen Klimasimulationen nicht begründen und müssen aufgeklärt werden.

Für die Plausibilität der projizierten Zunahme der GWN sprechen u. a. die von den Klimadatenensembles einheitlich projizierten Zunahmen der GWN-relevanten Winterniederschläge [4, 6, 14–16, 21], bei etwa gleichbleibender Verdunstung im Winterhalbjahr [4]. Aufgrund der Standortgegebenheiten und hohen Grundwasserflurabstände ist sommerliche Grundwasserzehrung quantitativ von untergeordneter Bedeutung [7].

Die Analyse der mittleren Trinkwasserbedarfe ergab, dass – gemessen an der Absatzmenge – die intensivsten Kundensegmente „Wohnbebauung und Kleingewerbe“ (ca. 64 Prozent) und „Industrie, Gewerbe, Landwirtschaft“ (ca. 12 Prozent) sind. Übrige Netzabgaben verteilen sich auf die Segmente „Wasserverluste“, „Sonstiges“, „Weiterverteilende“ und „Eigenverbrauch“.

Treibende Faktoren für die Entwicklung der mittleren Bedarfe sind tendenziell

steigende spezifische Bedarfe sowie die vorhergesagte Bevölkerungszunahme. Die Analyse der Spitzenbedarfe zeigt, dass insbesondere in der Vegetationsperiode (ab dem 1. April) der Trinkwasserverbrauch mit steigenden Temperaturen zu korrelieren scheint. Ausgeprägte Spitzenverbräuche zeigen die Jahre 2007/2008 sowie 2019/2020. Insbesondere die projizierten Zunahmen sommerlicher Lufttemperaturen lassen für die Zukunft steigende Spitzenbedarfe erwarten, was Herausforderungen in der Deckung von Bedarfsspitzen bedingt.

Fazit und Ausblick

Die beschriebenen Analysen des zukünftigen Trinkwasserbedarfs und des zukünftigen Zustands der Ressource dienen als eine Grundlage, um das bestehende Zukunftskonzept einer Prüfung zu unterziehen und ggf. anzupassen.

Im Ergebnis der Untersuchungen ist festzustellen, dass langfristig betrachtet auch in Zukunft die Grundwasser-Verfügbarkeit an den von den Leipziger Wasserwerken bewirtschafteten Standorten sichergestellt ist. Unabhängig davon ist zu erwarten, dass auch zukünftig extreme Klimaereignisse bei der Sicherstellung der Trinkwasserversorgung eine Rolle spielen. So können

sommerliche Hitzewellen Auswirkungen auf das Bedarfsverhalten haben. Starkniederschläge und Hochwasserereignisse wiederum können die Sicherheit der technischen Anlagen gefährden sowie Auswirkungen auf die Grundwasserqualität haben. Folgejahre von über- oder unterdurchschnittlichen Winterniederschlägen können sich auf die Füllstände der Grundwasserkörper auswirken, mit Folgen für die Qualität und die Aufbereitung des gehobenen Grundwassers. Perioden hoher sowie niedriger Grundwasserstände wurden in den von den Leipziger Wasserwerken bewirtschafteten Einzugsgebieten seit Beginn der Grundwasserförderung Ende des 19. Jahrhunderts wiederholt beobachtet. Hinsichtlich zukünftiger Entwicklungen muss geprüft werden, ob es wahrscheinlich ist, dass die in der Vergangenheit beobachtete Intensität solcher temporärer dargebotsrelevanter Nass- und Trockenperioden zunimmt.

Auch vor dem Hintergrund zunehmender temporärer und lokal begrenzter Extremereignisse muss es in Hinblick auf die Standortsicherheit das Ziel sein, die öffentliche Trinkwasserversorgung über die Vernetzung von Standorten unterschiedlicher Gewinnungscharakteristiken und die Kombination von dezentralen und zentralen Elementen insgesamt havarie- und klimaresilient auszubilden. Durch den Verbund von Grundwasser- und Uferfiltrat-Standorten sowie den ergänzenden Bezug von Fernwasser sind die Leipziger Wasserwerke bereits resilient aufgestellt – dieses Verbundsystem gilt es in Zukunft weiter zu stärken.

Danksagung

Dank gilt dem Ingenieurbüro für Wasser und Boden GmbH (IWB) für die Analyse der Trinkwasserbedarfe. Beim Büro für Geohydrologie und Umweltinformationssysteme (BGU) möchten sich die Autoren insbesondere für die Durchführung der umfangreichen Berechnungen bedanken. Möglich wurde das Projekt durch die gute fachbereichsübergreifende Zusammenarbeit und durch die strukturierte Projektsteuerung. ■

Literatur

- [1] Jacob, D., Petersen, J., Eggert, B., Alias, A., Christensen, O. B., Bouwer, L. M., Braun, A., Colette, A., Déqué, M., Georgievski, G., Georgopoulou, E., Gobiet, A., Menut, L., Nikulin, G., Haensler, A., Hempelmann, N., Jones, C., Keuler, K., Kovats, S., Kröner, N., Kotlarski, S., Kriegsmann, A., Martin, E., van Meijgaard, E., Moseley, C., Pfeifer, S., Preuschmann, S., Radermacher, C., Radtke, K., Rechid, D., Rounsevell, M., Samuelsson, P., Somot, S., Soussana, J.-F., Teichmann, C., Valentini, R., Vautard, R., Weber, B., Yiou, P. (2014): new high-resolution climate change projections for European impact research Regional Environmental Changes. Vol. 14, Issue 2, pp. 563–578.
- [2] Buth, M., Kahlenborn, W., Greiving, S., Fleischhauer, M., Zebisch, M., Schneiderbauer, S., Schauer, I. (2017): Leitfaden für Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsanalysen – Umweltbundesamt, Dessau.
- [3] Linke, C. et al. (2020): Leitlinien zur Interpretation regionaler Klimamodelldaten des Bundesländer-Fachgesprächs „Interpretation regionaler Klimamodelldaten“, Potsdam 2020.
- [4] Boeing, F., Malla, C., Can, Ö., Houben, T., Marx, A., HI-CAM Team: Samaniego, L., Rakovec, O., Müller, S., Thober, S., Kelbling, S. (2021): Beitrag des UFZ zur LWW-Studie „Klimaresiliente Siedlungswasserwirtschaft – Studie zur nachhaltigen und klimaangepassten Wasserversorgung (Hitze/Dürre)“, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ), unveröffentlichtes Gutachten, 21. Dezember 2021.
- [5] Marx, A., Boeing, F., Rakovec, O., Müller, S., Can, Ö., Malla, C., Peichl, M., Samaniego, L. (2021): Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserbedarf und -angebot, in: Wasserwirtschaft 111 (11), S. 14–19.
- [6] Boeing, F., Marx, M. et al. (2023): Klimafolgenstudie für das DVGW-Innovationsprogramm „Zukunftstrategie Wasser“, Abschlussbericht, Januar 2023.
- [7] Brehm, D., Carstensen, F. (2023): Klimaresiliente Siedlungswasserwirtschaft – Auswirkungen des Klimawandels auf die Grundwassergewinnungsgebiete Naunhof und Canitz-Thallwitz – Arbeitspakete B1 und B2: Aufbau eines instationären Grundwasserneubildungsmodells und Berechnung von Klimasimulationen, Büro für Geohydrologie und Umweltinformationssysteme, unveröffentlichtes Gutachten, 20. Februar 2023.
- [8] Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie LfULG, Referat 105 Hydrogeologie (2022): Hydrogeologisches 3D-Landesmodell, Datenübergabe vom 21. Juli 2022.
- [9] Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie LfULG, Referat 42 Boden, Altlasten (2021): Digitale Bodenkarte 1:50.000 (BK50) des Freistaates Sachsen. Online unter www.boden.sachsen.de/digitale-bodenkarte-1-50-000-19474.html, abgerufen am 14. Oktober 2021.
- [10] Bundesamt für Kartographie und Geodäsie: CORINE Land Cover (CLC)5. Online unter www.bkg.bund.de/SharedDocs/Produktinformationen/BKG/DE/P-2020/200408_CLC5.html, abgerufen am 14. Oktober 2021.
- [11] Sørensen, R., Zinko, U., Seibert, J. (2006): On the calculation of the topographic wetness index: evaluation of different methods based on field observations, in: Hydrology and Earth System Sciences, 10, S. 101–112.
- [12] Zepp, H. et al. (2017): Implizite Berechnung der Grundwasserneubildung (RUBINFUX) im instationären Grundwasserströmungsmodell SPRING. Eine neue Methodik für regionale, räumlich hochaufgelöste Anwendungen, in: Grundwasser – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie (2017) 22:113–126.
- [13] Böhme, K. (2022): Klimaresiliente Siedlungswasserwirtschaft – Studie zur nachhaltigen und klimaangepassten Wasserversorgung, Trinkwasserverbrauchsanalyse und -bedarfsprognose, Ingenieurbüro für Wasser und Boden (IWB), unveröffentlichtes Gutachten, 31. August 2022.

[14] DWD (2022): Nationaler Klimareport, 6. überarbeitete Auflage, 2022.

[15] DWD (2023): Deutscher Klimaatlas, online unter www.dwd.de/DE/Klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.html, abgerufen im Mai 2023.

[16] UBA Umweltbundesamt (2021): Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland, Teilbericht 6: Integrierte Auswertung – Klimarisiken, Handlungserfordernisse und Forschungsbedarfe, Dessau-Roßlau 2021.

[17] Hermann, F. et al. (2020): Mit der Modellkette RCP-GCM-RCM-mGROWA projizierte Grundwasserneubildung als Datenbasis für zukünftiges Grundwassermanagement in Nordrhein-Westfalen, in: Grundwasser – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie (2021) 26:17–31.

[18] Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz: Klimakompetenznetzwerk Niedersachsen: Klimawirkungsstudie Niedersachsen – Wissenschaftlicher Hintergrundbericht, Mai 2019.

[19] Schwarze et al. (2014): KiiWES Klimawandel und Wasserhaushalt in Sachsen, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Heft 32/2014.

[20] Hauffe et al. (2022): KiiWES 2.0 – Klimawandel und Wasserhaushalt. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Heft 17/2022.

[21] Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz, Technische Universität Dresden: Regionales Klimainformationssystem REKIS, Klimasteckbriefe, aufgerufen am 1. Juni 2023.

Die Autoren

Dr. Ulrich Meyer ist technischer Geschäftsführer der Leipziger Wasserwerke-Gruppe.

Laslo Städtler ist als Projektleiter im Fachbereich Wasserwerke der Leipziger Wasserwerke tätig.

Sven Mauder ist Teamleiter für Grundwasserbewirtschaftung/Ressourcenschutz der Leipziger Wasserwerke.

Dr. Andreas Marx ist Leiter des Deutschen Dürremonitors und Leiter Mitteldeutsches Klimabüro am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung UFZ.

Kontakt:

Laslo Städtler
Kommunale Wasserwerke Leipzig GmbH
Prager Str. 177
04299 Leipzig
E-Mail: laslo.staedtler@L.de
Internet: www.L.de