



Blick auf die deutlich geleerte Aabachtalsperre im Mai 2017

Bevor wir auf dem Trockenen sitzen

– Anpassungsstrategien in der Trinkwasserversorgung, wenn der Regen ausbleibt

Quelle: Wasserwerke Paderborn GmbH

Verlässliche und ausreichende Niederschläge während der **Vegetationsruhe in den Wintermonaten** sowie ein richtig bemessenes und betriebenes Wasserversorgungssystem sind die wichtigsten Grundlagen einer gesicherten Versorgung mit Trinkwasser. Mit Blick auf den sich bereits heute abzeichnenden Klimawandel ist damit zu rechnen, dass **längere Trockenperioden** in Zukunft zunehmen werden. Trinkwasserversorger haben bei ausbleibendem Regen die Möglichkeit, das Dargebot zu erhöhen, die Abgabe zu reduzieren oder beides gleichzeitig durchzuführen. Der Beitrag beleuchtet in diesem Zusammenhang **einige Anpassungsstrategien**, die bei den Wasserwerken Paderborn bisher durchgeführt wurden.

von: Michael Bernemann (Wasserwerke Paderborn GmbH)

Die Wasserwerke Paderborn GmbH versorgen rund 200.000 Einwohner der Stadt Paderborn sowie benachbarter Kommunen mit Trinkwasser. Das Wasseraufkommen beträgt rund 12,5 Mio. m³ im Jahr, davon entfallen 9,5 Mio. m³ auf die Eigengewinnung und 3 Mio. m³ auf den Wasserbezug. Die Eigengewinnung erfolgt durch neun Tiefbrunnen, die das Grundwasser aus einer bis in eine Tiefe von 450 m reichenden kreidezeitlichen Kalkgesteinsschicht fördern. Diese ist am Standort durch 160 m mächtige geringdurchlässige Deckschichten geschützt. Der Wasserbezug stammt u. a. aus zwei von den Wasserwerken Paderborn betriebenen Wasserwerken sowie einer Talsperre.

Ausgangssituation

Seit dem Jahr 2008 hat es im Paderborner Raum – bis auf 2017 – jedes Jahr ein Niederschlagsdefizit gegeben. Konkret bedeutet das, dass pro Jahr weniger Niederschlag gefallen ist als im langjährigen Mittel. Summiert man die jährlichen Defizite auf, so ergibt dies mehr als einen mittleren Jahresniederschlag (**Abb. 1**).

Die Niederschläge, insbesondere die der Wintermonate, korrespondieren im Einzugsgebiet direkt mit der Grundwasserneubildung. Kommt es also zu Niederschlagsdefiziten, wird auch weniger Grundwasser neu gebildet. Deshalb haben sich die Wasserwerke Paderborn seit Beginn dieser Niederschlags-

veränderung Gedanken darum gemacht, wie die Trinkwasserversorgung trotz des ausbleibenden Regens sichergestellt werden kann. Diese Überlegungen sind auch in die Risikoanalyse für das Technische Sicherheitsmanagement (TSM) nach DIN EN 15975-2 [1] und in das Wasserversorgungskonzept nach § 38 des Wassergesetzes für das Land Nordrhein-Westfalen (LWG NRW) [2] mit den entsprechenden Bewertungskriterien eingeflossen. Anpassungsmaßnahmen bei Niederschlagsdefiziten können sein:

- Reaktivierung alter Gewinnungsanlagen,
- Schaffung neuer Verbundstrukturen,

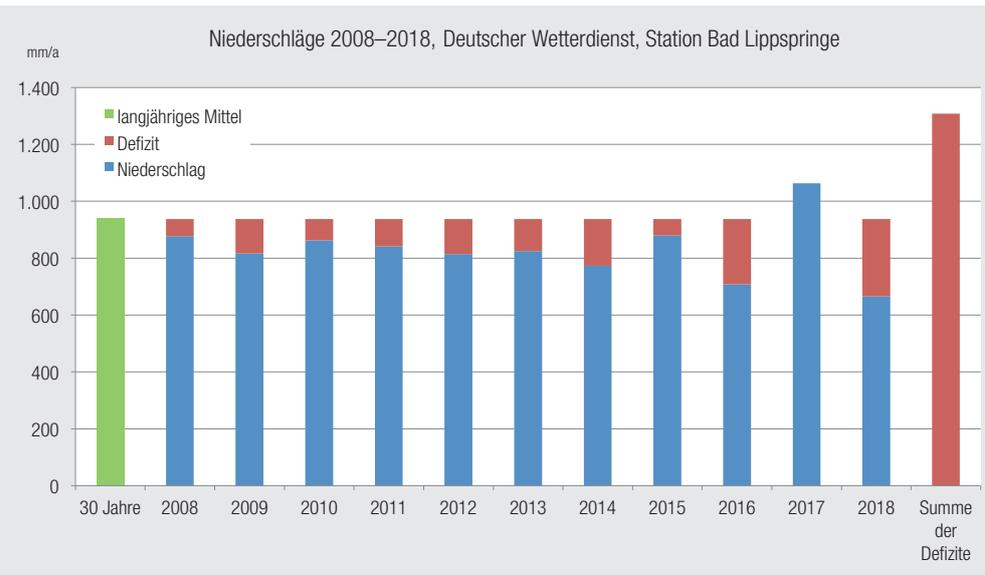


Abb. 1: Seit dem Jahr 2008 ist an der Station Bad Lippspringe ein Niederschlagsdefizit im Vergleich zum dreißigjährigen Mittel zu verzeichnen; lediglich das Jahr 2017 bildet eine Ausnahme.

- Erstellung neuer Gewinnungsanlagen,
- Überprüfung der Bezugskapazitäten,
- Erkundung neuer Grundwasservorkommen,
- Durchführung von Betriebsanpassungen,
- Minimierung der Wasserverluste und
- Beeinflussung des Abnahmeverhaltens.

Die genannten Maßnahmen werden nachfolgend näher erläutert.

Reaktivierung alter Gewinnungsanlagen

Als erste Reaktion auf das beschriebene Niederschlagsdefizit zeichnete sich bei der Wasserwerke Paderborn GmbH ein Engpass bei einem der betriebsgeführten Wasserwerke ab: Eine sonst mit einem

Versorgungsanteil von 85 Prozent als Hauptstandbein dienende Quelfassung lieferte in der Folge nur noch 50 Prozent der Schüttung (Abb. 2). Bei Quelfassungen tritt im Gegensatz zu Brunnen nur das Wasser zutage, das frei ausläuft.

Die übrigen fünf Brunnenanlagen des Wasserwerks konnten die Versorgung aufgrund der fallenden Betriebswasserspiegel auf Dauer auch nicht mehr gewährleisten. Deshalb wurde in Zusammenarbeit mit einem fachkompetenten und erfahrenen Ingenieurbüro für Siedlungswasserwirtschaft eine Konzeptstudie zur Verbesserung der Ressourcenverfügbarkeit und der Versorgungssicherheit erstellt [3]. Der erste Umsetzungsvorschlag war, einen aus dem Jahre 1931 stammenden Brunnen wieder zu reaktivieren und an das Wasser-

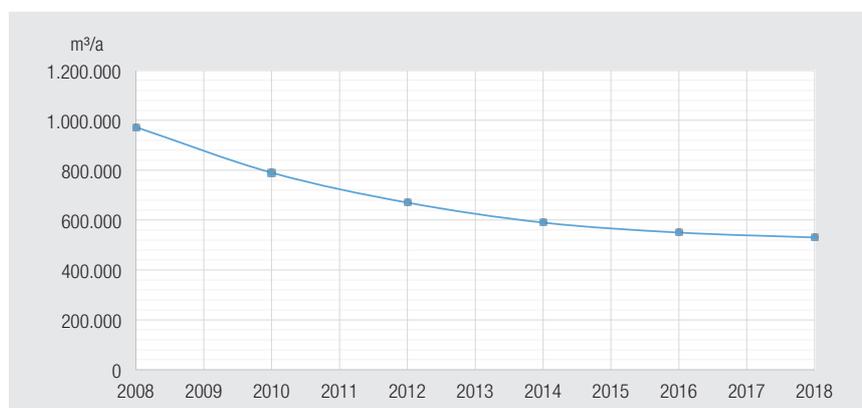


Abb. 2: Korrelierend zum Niederschlagsdefizit liefert die hier gezeigte Quelfassung seit dem Jahr 2008 kontinuierlich weniger Rohwasser.

werk anzuschließen; eine Maßnahme, die mit rund einer halben Million Euro zu Buche schlug. Die Versorgungslücke konnte indes trotz dieser Maßnahme nicht vollständig geschlossen werden.

Schaffung neuer Verbundstrukturen

Die Studie kam darüber hinaus zu dem Ergebnis, dass eine Verbundlösung mit den Wasserwerken Paderborn die am schnellsten umsetzbare und wirtschaftlichste Lösung zur Absicherung ist. Dazu wurde eine 3,6 km lange Verbundleitung DN 250 GGG von einem Hochbehälter des Unternehmens zu zwei Paderborner Stadtteilen verlegt. Mit dieser Maßnahme wird das betriebsgeführte Wasserwerk, von dem die beiden besagten Stadtteile bisher allein versorgt wurden, um 250.000 m³/a entlastet. Da die Einwohner bisher mit einem Wasser der Härtebereichsstufe 1 versorgt wurden, das Wasser aus Paderborn jedoch mit 14,2 °dH schon dem Härtebereich 3 zuzuordnen ist, wurde zunächst eine Mischwasserberechnung nach DVGW-Arbeitsblatt W 216 durchgeführt, die ergab, dass die beiden Wässer in jedem Verhältnis mischbar sind. Da die Mischung nicht im Netz erfolgen darf, wurde dazu eine Mischstation gebaut, in der die beiden Wässer kontrolliert zusammengeführt werden (Abb. 3). Anhand des Mischungskreuzes wurde das Mischungsverhältnis ermittelt, um im Härtebereich 1 zu bleiben. Dabei mussten gleichzeitig auch die Hygieneanforderungen nach DVGW-Arbeitsblatt W 400-1 eingehalten werden. Nur im Notfall werden die Kunden mit einem härteren Wasser versorgt. Die Kosten für die Maßnahme betragen 1,5 Mio. Euro, eine finanzielle Förderung durch einen Antrag beim Bundesamt für Bevölkerungsschutz in Bonn hatte keinen Erfolg.

Erstellung neuer Gewinnungsanlagen

Obwohl die für diese Verbundlösung bereitgestellte Wassermenge von 250.000 m³/a für die Wasserwerke Paderborn nur eine relativ geringe Mehrbelas-



Abb. 3: In der neugebauten Mischstation werden die beiden unterschiedlich harten Wässer kontrolliert zusammengeführt.

Quelle: Wasserwerke Paderborn GmbH

tion darstellt, muss auch dort über eine Dargebotssicherung nachgedacht werden. Für eine gesicherte Wasserversorgung ist eine Wassergewinnungskapazität von 2.500 m³/h erforderlich. Ein im Jahr 2017 durchgeführter Belastungstest ergab jedoch eine Gesamtbrunnenleistung von nur noch 2.250 m³/h bei einer mittleren Absenkung von 25 m; das ist die niedrigste Gesamtbrunnenleistung, die im Dokumentationssystem ACRON je registriert wurde. Die fehlende Brunnenleistung in Höhe von 250 m³/h ist vor allem deshalb prekär, weil zeitgleich ein langfristig angelegtes Brunnen-Instandhaltungsprogramm durchgeführt wird. In dem Jahr, in dem die Instandhaltung durchgeführt wird, steht der Brunnen natürlich für die Förderung nicht zur Verfügung. Dieses Defizit kann entweder durch die Erhöhung der Brunnenleistungen oder den Bau eines weiteren Brunnens behoben werden. Nach der Brunnenformel von Deput-Thiem besteht bei gespannten Grundwasserleitern ein linearer Zusammenhang zwischen Entnahmelistung und Absenkung. Der Formel zufolge liegt bei neun Brunnen und einer Entnahmelistung von 2.500 m³/h die Absenkung um 3 m tiefer (Abb. 4).

Demnach ergeben sich bei einer Jahresfördermenge von 9,5 Mio. m³ und einem mittleren Energiepreis von 0,2 Euro/kWh für elektrische Leistung und Arbeit allein zusätzliche jährliche Stromkosten in Höhe von rund 28.000 Euro. Für die Umrüstung auf eine leistungsfähigere Förderpumpentechnik würden nochmals die gleichen Jahreskosten entste-

hen. Beim Bau und Anschluss eines neuen Brunnens entstehen Kosten in Höhe von 850.000 Euro, daraus resultieren bei einer gemittelten Abschreibungsdauer von 30 Jahren jährliche Kosten von ebenfalls 28.000 Euro. Aufgrund der zweifach höheren Wirtschaftlichkeit und der besseren Redundanz fiel die Entscheidung zugunsten eines neuen Tiefbrunnens, dieser wurde Anfang 2019 in Betrieb genommen (Abb. 5).

Prüfung der Bezugskapazitäten

Ist die Möglichkeit eines Wasserbezuges vorhanden, muss geprüft werden, ob eine Bezugssteigerung machbar ist. Oder muss eventuell der Bezug gesenkt werden, weil es auch dort nicht geregnet hat? Bei einer Talsperre, von der die Wasserwerke Paderborn Wasser beziehen, trat genau der ungünstige zweite Fall ein. Deshalb kann die Bezugsmenge in der Wasserbilanz nur mit der hygienischen Leitungsfrischhalte menge kalkuliert werden.

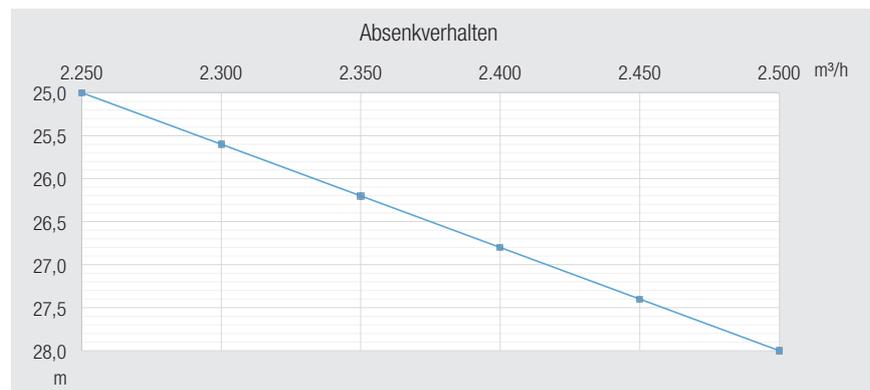
Erkundung neuer Grundwasservorkommen

Die Erkundung neuer Grundwasservorkommen ist meistens ein langwieriger Prozess. Im aktuellen Wasserrechtsantrag eines betriebsgeführten Wasserwerks der Wasserwerke Paderborn sind deshalb bereits zwei potenzielle Brunnenstandorte enthalten. In Paderborn werden in einem ehemaligen Gewinnungsgebiet im Strothetal zudem derzeit Voruntersuchungen für mögliche Pumpversuche und Qualitätstests durchgeführt.

Durchführung von Betriebsanpassungen

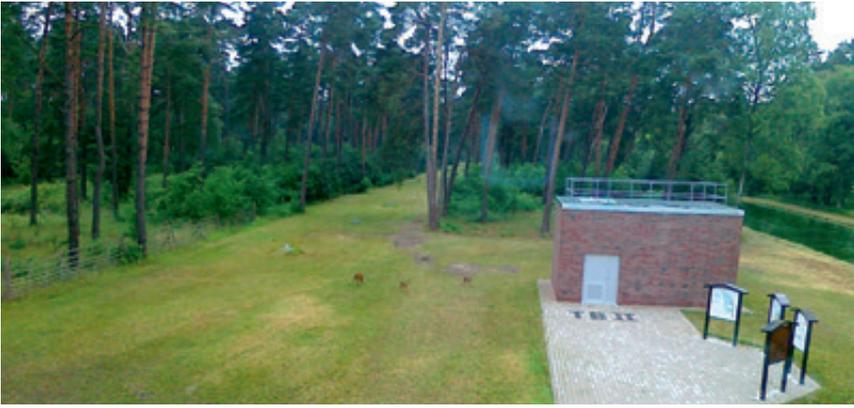
Betriebsabsenkungen

Ist ein Neubau einer Gewinnungsanlage nicht möglich, können durch den Einbau leistungsstärkerer U-Pumpen die Betriebswasserstände in den Brunnen weiter abgesenkt werden, um das Dargebotsgebiet zu vergrößern und die Ausspeisemengen zu erhöhen. Voraussetzung hierfür ist, dass ein ausreichendes Dargebotsgebiet zur Verfügung steht, was im Wasserwerk Diebesweg der Fall ist. Bei der Absenkung der Betriebswasserstände sollte das Betriebsspektrum genau definiert und gleichzeitig über effizientere Pumpenaggregate nachgedacht werden. Mittlerweile gibt es U-Pumpen mit permanent erregten Motoren, die einen um bis zu 10 Prozent höheren Wirkungsgrad haben. Bei neuen Pumpen sind heutzutage die langen Lieferzeiten von bis zu einem Dreivierteljahr zu beachten. Gleichzeitig sind auch dem Ein-



Quelle: Wasserwerke Paderborn GmbH

Abb. 4: Absenkverhalten der neun betrachteten Brunnen nach der Brunnenformel von Deput-Thiem



Quelle: Wasserwerke Paderborn GmbH

Abb. 5: Um die notwendige Wassergewinnungskapazität auch in Zukunft sicherstellen zu können, nahm die Wasserwerke Paderborn GmbH Anfang 2019 einen zusätzlichen Tiefbrunnen in Betrieb.

bau leistungsstärkerer Pumpen Grenzen gesetzt: Zum einen muss dabei die Außendruckfestigkeit des Brunnenausbaus beachtet werden, da es bei einer Überschreitung der zulässigen Außendruckfestigkeit zum Kollabieren des Brunnens kommen kann. Die Außendruckfestigkeit ist materialabhängig und verändert sich mit der 3. Potenz im Verhältnis von Wandstärke zum Innendurchmesser. Die instandgesetzten Brunnen in Paderborn können aufgrund des Edelstahlausbaus bis zu 50 m unter Brunnenkopf abgesenkt werden. Die alten Brunnen sind mit

PVC-Rohren ausgebaut und können rechnerisch bis maximal 30 m abgesenkt werden, sie liegen damit aufgrund der Alterung schon im Grenzbereich der zulässigen Absenkung. Ebenso sind die wasserrechtlichen Entnahmemengen zu beachten. Zum anderen ist bei einem Brunnen mit Filterausbau zu beachten, dass der Betriebswasserspiegel nicht in den Filterbereich absinkt. Der Eintritt von Luft-sauerstoff kann zu Mischwasserprozessen und somit zu Ausfällungen insbesondere bei eisen- und manganhaltigen Wässern führen. Grundsätzlich ist beim Brunnenbetrieb ein kontinuierlicher Betrieb ohne Ein- und Abschaltungen anzustreben.

Trafoleistungen

Bei tieferen Betriebsabsenkungen ergeben sich auch höhere elektrische Leistungen. Diese zusätzlichen Leistungen müssen über die vorhandenen Trafoanlagen abgedeckt werden, dabei steigen vor allem die Kupferverluste mit dem Quadrat der Strombelastung an.

Brunnenmonitoring

Beim Brunnenmonitoring werden neben der Qualitätsüberwachung, die mit dem Analysedateninformationssystem ADIS durchgeführt wird, insbesondere die Entnahmehleistungen und die Betriebswasserspiegel überwacht und ausgewertet. Die Qualitätsüberwachung erfolgt aufgrund der besonderen hydrogeologischen Situation in Paderborn auf die Stabilität der Süß-/Salzwassergrenze. Dies erfolgt mit Datenloggern in Vorfeldmessstellen.



Quelle: Wasserwerke Paderborn GmbH

Abb. 7: Gartenwasserzähler können dazu führen, dass gerade in den Sommermonaten höhere Wasserabgaben zu verzeichnen sind.

Minimierung der Wasserverluste

In dem insgesamt 950 km langen Wasserversorgungsnetz der Wasserwerke Paderborn wird ein umfassendes Wasserverlustmonitoring durchgeführt. Werden die vorgegebenen Mindestabgabemengen, die aus der Netzberechnung mit dem Programm STANET ermittelt wurden, überschritten, so wird im betroffenen Versorgungsbereich sofort eine Verlustanalyse durchgeführt, um die Leckagen aufzudecken und abzustellen. Der Infrastructure Leakage Index (ILI) nach DVGW-Arbeitsblatt W 392 liegt deshalb mit 0,8 in einem sehr guten Bereich, sodass keine zusätzlichen Maßnahmen zur Reduzierung der Wasserverluste mehr ergriffen werden müssen (**Abb. 6**). Auch bei den Rohrnetzendspülungen werden durch ein trübungsoptimiertes Spülkonzept die Verluste minimiert, das Gleiche gilt auch beim Wasserwerksbetrieb für die Spülung der Aufbereitungsanlagen.

Bewertung ILI nach DVGW W 392	
ILI	Einstufung
ILI < 2	niedrig
2 < ILI < 4	mittel
ILI > 4	hoch

Quelle: Wasserwerke Paderborn GmbH

Abb. 6: Bewertung des Infrastructure Leakage Index (ILI)

Beeinflussung des Abnahmeverhaltens

Im Versorgungsgebiet der Wasserwerke Paderborn liegt der personenbezogene Wasserbedarf mit 123 Litern pro Tag und Einwohner (l/E x d) genau auf dem Niveau des Bundesdurchschnitts [6]. Dennoch wird jede Gelegenheit genutzt, um in den Medien, bei Wasserwerksbesichtigungen und sonstigen Kundenkontakten auf einen sinnvollen Umgang mit Trinkwasser hinzuweisen. Aber auch bei allem Sparwillen muss beachtet werden, dass die Leitungen weiterhin ausreichend durchströmt werden und es nicht zu einer Aufkeimungsreaktion kommt, da der überwiegende Teil des Wassers nicht gechlort ist. Dies gilt vor allem auch vor dem Hintergrund steigender Wassertemperaturen in den Rohrleitungen. Im Augenblick besteht bei einem Rohrnetz-



KEULHÜTTE LÜNEBURG
Armaturen GmbH

Z-Anbohrarmaturen aus Lüneburg



Know-how. Beratung. Lieferung.



Gebrüder-Heyn-Straße 6a

21337 Lüneburg

Tel.: 04131-306-0

www.keulahuette-lueneburg.de

volumen von 24.340 m³ und einer durchschnittlichen Tagesabgabe von 33.750 m³ mit einer mittleren Verweilzeit von 0,7 Tagen kein Anlass zur Sorge. Der Fokus liegt derzeit auf dem Einsatz von Gartenwasserzählern (Abb. 7). Diese Zähler werden installiert, damit für das Gartenwasser keine Abwassergebühren gezahlt werden müssen. Dieser Umstand trägt sowohl zu einer höheren Wasserabgabe als auch zu einer Erhöhung der Spitzenlast bei. Eine Überlastung des Wasserverteilungssystems ist in Paderborn zwar derzeit kein Thema, aber eine alte Weisheit besagt, dass die Probleme angepackt werden müssen, solange sie noch klein sind. In einer Nachbarkommune, in der sehr viele Gartenwasserzähler installiert sind und die mit Pumpen direkt ins Netz fördert, ging im letzten Sommer der Druck während der abendlichen Bewässerungszeit „in die Knie“.

Fazit und Ausblick

Die seit dem Jahr 2008 fast kontinuierlich zu beobachtenden Niederschlagsdefizite haben die Wasserwerke Paderborn dazu bewogen, entsprechende Maßnahmen umzusetzen. Das Thema Niederschlagsveränderungen wird wahrscheinlich ein Zukunftsthema bleiben. Dabei sollte man sich nicht allein auf die Klimaprognosen verlassen, die von trockenen Sommern und feuchten Wintern ausgehen, sondern vielmehr die Entwicklung der Niederschläge im Einzugsgebiet genau beobachten und zeitnah Maßnahmen zur Daseinsvorsorge treffen.

Die notwendigen Anpassungsstrategien können vor diesem Hintergrund regional sehr unterschiedlich ausfallen. Gleichwohl wurden in diesem Beitrag auch nicht alle möglichen Anpassungsstrategien betrachtet. Auf der Dargebotsseite wird die Erschließung weiterer Grundwasservorkommen und die damit verbundene Ausweisung von Schutzgebieten ein hohes Konfliktpotenzial mit sich bringen, während auf der Abnehmerseite bei geringeren Wasserdargeboten die Themen der Mehrfachnutzung, Regen- und Grauwassernutzung, effek-

tivere Bewässerungsmethoden und Pflanzen mit geringem Wasserbedarf in den Fokus rücken werden. Dazu müssen aufgrund der begrenzten Wasserreserven innovative und ressourcenschonende Wassertechnologien entwickelt werden, und dies unter gleichzeitiger Beibehaltung der Hygienestandards. Vielleicht gelangt durch die ausbleibenden Niederschläge die Wertschätzung des „Überlebensmittels“ Wasser wieder in das Bewusstsein der Menschen. Deutlich wird das bei dem vom Philosophen Adam Smith stammende klassischen Werteparadoxon: Es besagt, dass das für das Überleben notwendige Wasser nur wenige Cent kostet, während ein Diamant mit seinem geringen elementaren Nutzen einen sehr hohen Preis hat. Die weitere Entwicklung zu beobachten, wird auf jeden Fall spannend bleiben. ■

Literatur

- [1] DIN EN 15975-2: Sicherheit in der Trinkwasserversorgung, Teil 2: Risikomanagement.
- [2] Landeswassergesetz NRW, online unter https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_text_anzeigen?v_id=3920070525140450679, abgerufen am 29. Januar 2019.
- [3] Konzeptstudie der Bieske und Partner Beratende Ingenieure GmbH.
- [4] DVGW-Arbeitsblatt W 400-1: Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWV), Teil 1: Planung.
- [5] DVGW-Arbeitsblatt W 392: Wasserverlust in Rohrnetzen.
- [6] BDEW-Statistik 2017.

Der Autor

Michael Bernemann ist technischer Leiter der Wasserwerke Paderborn GmbH.

Kontakt:

Michael Bernemann
Wasserwerke Paderborn GmbH
Rolandsweg 80
33102 Paderborn
Tel.: 05251 1487-20
E-Mail: mbernemann@wasserwerke-paderborn.de
Internet: www.wasserwerke-paderborn.de