Swetlana Schölzel; Dr. Ulf Miehe; Susanne Brants; Stefan Dück

Von der vierten Reinigungsstufe zur Wasserwiederverwendung

Aufgrund immer ausgeprägterer Trockenperioden und der einhergehenden Wasserknappheit rückt das Thema Wiederverwendung von gereinigtem Abwasser stärker in den Fokus. So auch in der Region Bad Oeynhausen, in der kürzlich ein Water-Reuse-Projekt gestartet wurde.

In der Region Bad Oeynhausen kommt es in den Monaten April bis Oktober saisonal zu Konflikten hinsichtlich der Wassernutzung zwischen Privathaushalten, Landwirtschaft, Stadtgrünbewässerung und Gewerbe. Um die Trinkwasserversorgung auch zukünftig sicher aufzustellen, bietet sich der Ablauf der Kläranlage Bad Oeynhausen als alternative Quelle für die Brauchwassernutzung an. Seit November 2022 befindet sich eine vierte Reinigungsstufe mit granulierter Aktivkohlefiltration im Regelbetrieb (granulierte Aktivkohlefiltration). Diese soll nun im Rahmen des BMBF-geförderten Forschungsvorhabens „DigiWaVe" um eine UV-Desinfektion erweitert und die praktische Umsetzung am Beispiel der Stadtgrünbewässerung erprobt werden.

Begriffsdefinition Wasserwiederverwendung

Unter Wasserwiederverwendung wird die Nutzung von aufgereinigtem Abwasser verstanden. Das Abwasser kann hierbei sowohl kommunales Abwasser, Industrieabwasser, Kühlwasser, Regenwasser oder Grauwasser sein /1/. Im Rahmen des BMBF-Forschungsprojektes „Nutzwasser" (Fördermaßnahme Wave II) wurde die Bezeichnung Nutzwasser für diese Art von Wasser definiert /2/. Je nach geplanter Nutzung muss das Wasser der Kläranlage so weit aufbereitet werden, dass eine sichere Wasserwiederverwendung möglich ist. International verbreitete Nutzungen des Wassers sind dabei beispielsweise die Bewässerung von landwirtschaftlichen Flächen, Parks und anderen öffentlichen Flächen sowie Toilettenspülungen oder private Gartenbewässerung /1/. In Ländern mit sehr hohem Wasserstress wird bereits die Wasserwiederverwendung zur Stützung der Trinkwasserversorgung eingesetzt.

Rechtlicher Rahmen

Die EU-Verordnung über Mindestanforderungen für die Wasserwiederverwendung wurde 2020 erlassen /3/. Die Verordnung soll dabei die unter Druck geratenen Wasserressourcen entlasten, Wasserknappheiten vorbeugen und eine Verschlechterung der Wasserqualitäten verhindern /4/. Es wird darin in erster Linie die landwirt-

Tab. 1: **Mindestanforderungen an die Wasserqualität zur landwirtschaftlichen Verwertung gemäß EU-Verordnung /3/**

Mindestgüteklasse des aufbereiteten Wassers	Zielvorgabe für die Technik	Qualitätsanforderungen				
		E. coli [Anzahl/ 100 ml]	BSB5 [mg/l]	TSS [mg/l]	Trübung [NTU]	Sonstige
A	Zweitbehandlung, Filtration und Desinfektion	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 5	**Legionella spp.:** < 1.000 KBE/l, wenn das Risiko der Aerosolbildung besteht **Intestinale Nematoden** (Eier von Helminthen): ≤ 1 Ei/Liter für die Bewässerung von Weideflächen oder Futterpflanzen
B	Zweitbehandlung und Desinfektion	≤ 100	gemäß Richtlinie 91/271/EWG (Anh. I Tab. 1)		–	
C	Zweitbehandlung und Desinfektion	≤ 1.000			–	
D	Zweitbehandlung und Desinfektion	≤ 10.000			–	

schaftliche Verwendung von Nutzwasser thematisiert. Dabei werden neben einheitlichen Mindestanforderungen an die Wasserqualität und die Überwachung auch das Risikomanagement und die Bestimmungen zur Datentransparenz festgelegt. Die verschiedenen Anforderungen richten sich nach der Art der Nutzung. Die Aufbereitung kann sowohl auf einer Kläranlage als auch in einer gesonderten Aufbereitungsanlage betrieben werden /3/.

Mit der Verordnung soll ein europaweites Instrument geschaffen werden, das einheitliche Grenzwerte festlegt und damit zu einem besseren Verbraucherschutz beiträgt. In der Verordnung wird außerdem darauf hingewiesen, dass die Verwendung von Nutzwasser nicht nur für die landwirtschaftliche Bewässerung möglich ist, sondern auch für industrielle sowie mit Freizeit und Umwelt verbundene Zwecke /3/. Die Mindestanforderungen hinsichtlich der Nutzwasserqualität zur landwirtschaftlichen Verwendung sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

In einigen EU-Ländern wie Spanien und Zypern besteht bereits eine eigene nationale Gesetzgebung zur Wasserwiederverwendung. Seit die EU-Verordnung im Juni 2023 in Kraft getreten ist, gilt sie auch in Deutschland, auch wenn die Details der nationalen Umsetzung (z. B. Genehmigungsprozess, Zuständigkeiten und über den Mindeststandard hinausgehende Anforderungen) noch offen sind. Neben der EU-Verordnung bestehen weitere Normen und Gesetze, die Anhaltspunkte für eine Wiederverwendung liefern. Dazu zählt insbesondere die DIN 19650 Hygienische Belange von Bewässerungswasser. Die DWA-Merkblatt-Reihe 1200 wird zu diesem Thema momentan entwickelt.

Ist-Situation in Bad Oeynhausen

Trinkwasser

Die Stadt Bad Oeynhausen zählt ca. 48.800 Einwohner, zu denen jährlich ca. 95.000 Kurgäste hinzukommen. Für die Versorgung der Bevölkerung werden jährlich ca. 2,8 Mio. m³ Trinkwasser benötigt. Dabei werden zwei Drittel des Wassers durch den benachbarten Wasserbeschaffungsverband und ein Drittel durch eigene Gewinnungsanlagen geliefert. Der größte Teil des in Bad Oeynhausen gewonnenen Trinkwassers ist Uferfiltrat der Weser. Dieses wird aus sechs Brunnen im Stadtteil Rehme gefördert. Zwei weitere Brunnenanlagen fördern Tiefengrundwasser. Da sich unterhalb des Stadtgebietes hoch mineralisierte Grundwasserlagen befinden, ist die Trinkwassergewinnung im Stadtgebiet nur an wenigen Stellen möglich. Dadurch ist die Wasserversorgung der Stadt stark vom niederschlagsbeeinflussten Wasserstand der Weser abhängig. Die vermehrte Trockenheit der letzten Jahre führte deswegen in den Hitzeperioden zu Trinkwasserknappheiten. Um die Bevölkerung über die aktuelle Situation der Trinkwasserversorgung zu informieren und den Wassergebrauch zu minimieren, wurde schon 2019 die Trinkwasserampel eingeführt. In den Sommern 2019 und 2022 konnte mit der Trinkwasserampel allein jedoch nicht das Verhalten der Bevölkerung im erforderlichen Maße beeinflusst werden, sodass eine ordnungsbehördliche Verordnung zur eingeschränkten Nutzung von Trinkwasser erlassen werden musste.

Abwasser

Die Kläranlage Bad Oeynhausen liegt im Norden der Stadt Bad Oeynhausen. Sie hat eine Auslegungsgröße von 78.500 EW, aktuell sind 63.000 EW angeschlossen. Der konventionelle Teil der Abwasserreinigung besteht aus einer mechanischen und einer biologischen Reinigungsstufe. Die mechanische Reinigungsstufe umfasst eine Rechenanlage, einen einstraßigen Sandfang sowie eine einstraßige Vorklärung. Das Belebungsbecken wird mit einer vorgeschalteten Denitrifikationsstufe und einer Simultanfällung für Phosphor betrieben. Das Abwasser-Schlamm-Gemisch fließt von zwölf rechteckigen Nachklärbecken zu, in denen sich der Belebtschlamm absetzt. Über ein Rücklaufschlammpumpwerk wird der Rücklaufschlamm wieder der Belebung zugeführt. Der Überschussschlamm wird zur Schlammbehandlung gefördert. Der Ablauf der Nachklärbecken fließt zur weitergehenden Abwasserreinigung, bestehend aus einer Flockungsfiltration zur





Bild 1 Vierte Reinigungsstufe auf der Kläranlage Bad Oeynhausen
Quelle: Stadtwerke Bad Oeynhausen AöR

chemischen Phosphorfällung und einer vierten Reinigungsstufe.

Das Einzugsgebiet der Kläranlage ist stark durch den Kurbetrieb der Stadt Oeynhausen mit ihren zahlreichen Krankenhäusern und Rehabilitationseinrichtungen und den daraus resultierenden Einleitungen an Spurenstoffen geprägt. Durch angeschlossene Privathaushalte gelangen zusätzlich organische Spurenstoffe im Konzentrationsbereich von Mikrogramm pro Liter in das Abwasser und damit in die Kläranlage. Je nachdem, welche Eliminationsverfahren im konventionellen Abwasserreinigungsprozess (abhängig von z. B. Stoffeigenschaft, Sorptionsfähigkeit, biologischem Abbaugrad) verwendet werden, gelangen die Spurenstoffe auch in den Vorfluter (Werre). Aufgrund dessen wurden 2022 drei der insgesamt acht vorhandenen, abwärts durchströmten Filterkammern zu granulierten Aktivkohlefiltern (GAK) zur Elimination anthropogener Spurenstoffe umgerüstet (Bild 1).

Die Zellen mit der Aktivkohle sind dabei den Zellen der Flockungsfiltration nachgeschaltet. So wird der gesamte Trockenwetteranteil ($Q_t = Q_{max,4.\ Stufe}$ = 720 m³/h) in der Aktivkohlefiltration gereinigt. Bei Regenwetterzulauf wird die Abwassermenge > 720 m³/h nicht über die GAK-Filtration geleitet und nur in der Flockungsfiltration behandelt. Auf diese Weise werden 100 % der Jahresschmutzwassermenge und 80 % der Jahresabwassermenge in der vierten Reinigungsstufe behandelt. Der Nachweis der Funktionsfähigkeit der Anlage erfolgt anhand von sechs Leitsubstanzen (1H-Benzotriazol, Carbamazepin, Clarithromycin, Diclofenac, Metoprolol, Sulfamethoxazol), die zu mind. 80 % zwischen Zulauf Biologie und Ablauf Kläranlage eliminiert werden sollen und mit dem Einleitbescheid der Kläranlage behördlich festgesetzt sind.

Spurenstoffe sind nicht Bestandteil der rechtlichen Anforderungen der EU zur Wasserwiederverwendung, es werden jedoch derzeit diesbezüglich verschärfte Anforderungen seitens der DWA diskutiert. Parallel zu den im Einleitbescheid der Kläranlage geforderten Spurenstoffbeprobungen wurden weitere Parameter in Anlehnung an die EU-Verordnung zur Wasserwiederverwendung stichprobenartig untersucht. Die Ergebnisse sind in nachstehenden Diagrammen (Bild 2, 3, 4) zusammengefasst. BSB_5 und abfiltrierbare Stoffe lagen bei den Analysen immer unterhalb der Bestimmungsgrenzen (BG) (BG_{BSB5} < 3 mg/l, BG_{AFS} < 2 mg/l). Damit wurden für diese Parameter die Grenzwerte selbst für die strengste Mindestgüteklasse A der EU-Verordnung eingehalten (Grenzwerte für BSB_5 und AFS (TSS) ≤ 10 mg/l). Die Diagramme zeigen außerdem, dass die Grenzwerte für Trübung und Legionellen bei allen Beprobungen für alle Güteklassen

(auch Klasse A) eingehalten werden (Grenzwerte für Trübung ≤ 5 FNU und Legionellen < 1.000 KBE/l). Nur für E.Coli wird der Wert für alle Güteklassen regelmäßig überschritten. Aufgrund dessen wird die GAK-Filtration im Rahmen des nachstehend im Detail beschriebenen Projektes DigiWaVe um eine UV-Desinfektion erweitert.

Wasserwiederverwendung in Bad Oeynhausen – Projekt DigiWaVe

In Summe wird nicht mehr Wasser durch die direkte Verwendung von aufbereitetem Abwasser erzeugt, jedoch bietet diese trotzdem einige Vorteile. So wird durch die Wasserwiederverwendung der lokale Wasserhaushalt gestützt und damit die Versorgungssicherheit für die Grünflächenpflege während der klimatisch bedingten Dürrephasen erhöht. Durch die Nutzung dieser alternativer Wasserquelle wird der Druck auf die Trink- und Grundwasserressourcen reduziert. Der Einsatz von digitalen Anwendungen für die Planung und den Betrieb einer urbanen Wasserwiederverwendung trägt dabei zu einer klimaresilienten Bewirtschaftung der lokalen Wasserressourcen bei. So werden aufgrund von Einsparungen benötigten Trink- und Grundwassermengen geschont. Ein enger Austausch bei der Entwicklung der digitalen Werkzeuge mit den kommunalen Akteuren erhöht hierbei das Entlastungspotenzial des Personals und somit die Umsetzbarkeit der Maßnahmen.

Im Rahmen des vom Kompetenzzentrum Wasser Berlin koordinierten Projektes „DigiWaVe – Digitale Lösungen für eine ressourceneffiziente und sichere Wasserwiederverwendung im urbanen Raum (Grünflächenbewässerung)“ sollen digitale mit analogen Lösungen zur Wasserwiederverwendung kombiniert werden.

Am Modellstandort Bad Oeynhausen sollen Instrumente entwickelt werden, um Kommunen bei der Planung und Umsetzung zu unterstützen. Zu den digitalen Lösungen zählen beispielsweise ein KI-gestütztes Wasserbedarfsprognosemodell, ein Routenplanungstool und die Echtzeitüberwachung der Wasserqualität. Weitere Projektaktivitäten umfassen z. B. die Klärung der behördlichen Zuständigkeit (kein Trinkwasser, kein Abwasser), die transparente Kommunikation mit Bürgerinnen und Bürgern zur Steigerung der Akzeptanz und die Unterstützung des Betriebspersonals

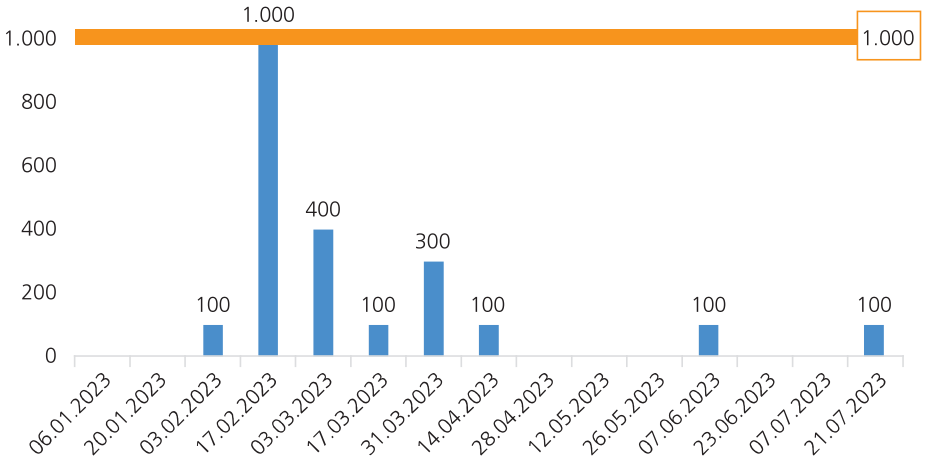

Bild 2 Ergebnisse der Beprobung des GAK-Ablaufs hinsichtlich Legionella species (nicht dargestellte Werte lagen unterhalb der BG ≤ 100 KBE / 100 ml)
Quelle: Stadtwerke Bad Oeynhausen AöR

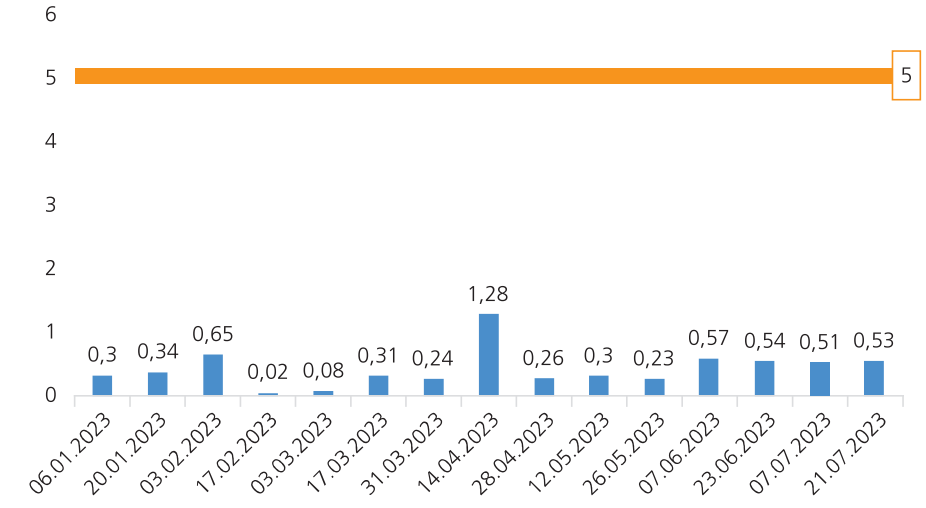

Bild 3 Ergebnisse der Beprobung des GAK-Ablaufs hinsichtlich Trübung
Quelle: Stadtwerke Bad Oeynhausen AöR

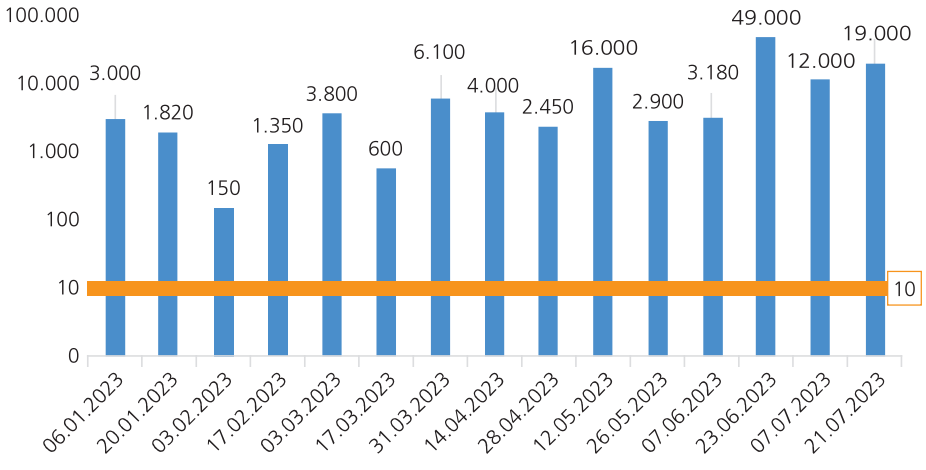

Bild 4 Ergebnisse der Beprobung des GAK-Ablaufs hinsichtlich E.Coli (logarithmische Skalierung)
Quelle: Stadtwerke Bad Oeynhausen AöR

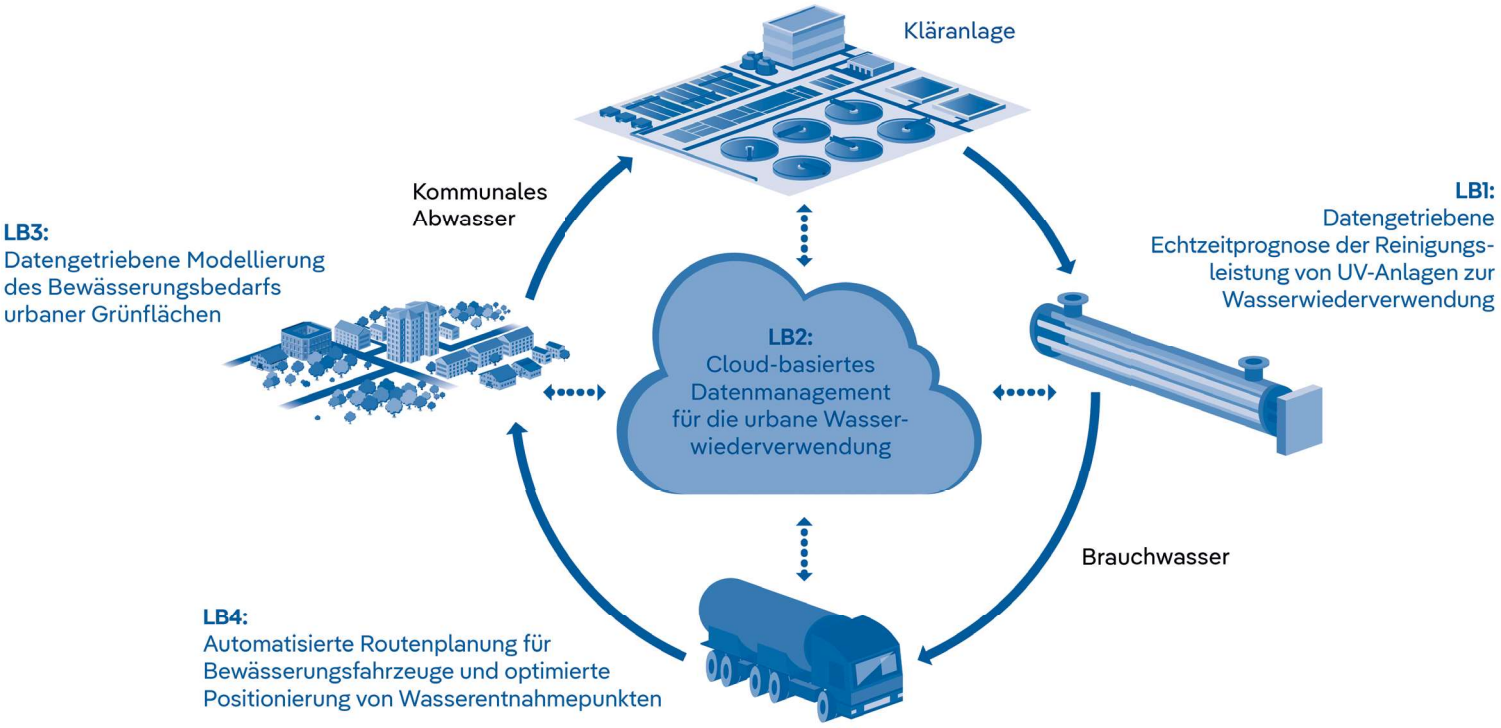

Bild 5 Schema der Lösungsbausteine im Projekt DigiWaVe
Quelle: DigiWaVe

vor Ort. Das Projekt gliedert sich dabei in vier Lösungsbausteine (LB). Deren schematisches Zusammenspiel zum Erreichen einer sicheren und ressourceneffizienten Wasserwiederverwendung am Modellstandort kann Bild 5 entnommen werden.

- LB1: Datengetriebene Echtzeitprognose der Reinigungsleistung von UV-Anlagen zur Wasserwiederverwendung
- LB2: Cloudbasiertes Datenmanagement für die urbane Wasserwiederverwendung
- LB3: Datengetriebene Modellierung des Bewässerungsbedarfs der urbanen Grünflächen
- LB4: Automatisierte Routenplanung für die Bewässerungsfahrzeuge und optimierte Positionierung von Wasserentnahmepunkten.

In diesem inter- und transdisziplinären Vorhaben wird der neu entwickelte Rahmen der Wasserwiederverwendung aufgegriffen. Dies beinhaltet die Qualitäts- und Risikomanagementanforderungen der EU-Verordnung und der sich noch in Erarbeitung befindlichen DWA-Merkblattreihe 1200 „Wasserwiederverwendung“ sowie die DIN 19650 „Bewässerung – Hygienische Belange von Bewässerungswasser“. Gefördert wird das Projekt vom Bundesministerium für Bildung und Forschung. Die Projektdauer beträgt zwei Jahre (September 2023 bis August 2025).

■ *Swetlana Schölzel*
Betriebsbegleitung von vierten Reinigungsstufen/Spurenstoffberatung
Schölzel Consulting
swetlana@schoelzelconsulting.de
www.schoelzelconsulting.de

■ *Dr. Ulf Miehe*
Abteilungsleiter Prozessinnovation
Kompetenzzentrum Wasser Berlin
ulf.miehe@kompetenz-wasser.de
www.kompetenz-wasser.de

■ *Susanne Brants*
Geschäftsbereichsleiterin Wasserversorgung
Stadtwerke Bad Oeynhausen (AöR)
s.brants@stadtwerke-badoeynhausen.de
www.stadtwerke-badoeynhausen.de

■ *Stefan Dück*
Betriebsleiter KA Bad Oeynhausen
Stadtwerke Bad Oeynhausen (AöR)
s.dueck@stadtwerke-badoeynhausen.de
www.stadtwerke-badoeynhausen.de

Literatur:

/1/ US EPA, O. (2019): Basic Information about Water Reuse. Announcements and Schedules. Online unter www.epa.gov/waterreuse/basic-information-about-water-reuse, zuletzt abgerufen am 9. Januar 2023

/2/ Nutzwasser (2023): Nutzwasser als alternative Wasserressource. Online unter www.nutzwasser.org/public/index.html, zuletzt abgerufen am 6. September 2023

/3/ Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2020): Verordnung (EU) über Mindestanforderungen an die Wasserwiederverwendung. L 177 vom 25. Mai 2020

/4/ Schiller, A. (2020): Neue EU-Verordnung zu Wasserwiederverwendung. Umweltbundesamt. Text, Umweltbundesamt. Online unter www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/wasser-bewirtschaften/wasserwiederverwendung/neue-eu-verordnung-zu-wasserwiederverwendung, zuletzt abgerufen am 23. November 2022