

Anforderungen an die Wiederverwendung von Wasser zur Grundwasseranreicherung

Künstliche Grundwasseranreicherung, d. h. die gesteuerte oder planmäßige Zuführung von Wasser in einen wasserleitenden Untergrund, ist eine gängige Methode in der Siedlungswasserwirtschaft. Dabei werden unterschiedliche Ziele verfolgt:

- Erhöhung der Grundwasserverfügbarkeit/Speicherung von Frischwasser und Verbesserung der Rohwasserqualität vor einer anschließenden Wasserförderung und einer Aufbereitung vor Infiltration und/oder nach Förderung
- Grundwassermanagement z. B. zum Erhalt von Ökosystemen oder zur Vermeidung von Setzungsrisiken/-schäden an Gebäuden
- Hydraulische Ablenkung von Schadstoffströmen im Grundwasser z. B. zur Verhinderung von Salzwasserintrusionen in Küstengegenden
- Sanierung von belastetem Grundwasser

Herausforderungen

Durch eine Grundwasseranreicherung mit wiederverwendetem Wasser darf keine Verschlechterung der Grundwasser- und Bodenqualität verursacht werden. Grundwasseranreicherung sollte nur bei geeigneten hydrogeologischen und hydrochemischen Gegebenheiten betrieben werden. Durch den Kontakt mit dem Untergrund verändert sich die Wasserbeschaffenheit des infiltrierten Wassers und damit des sich neu bildenden Grundwassers. Dies ist bei der Wiederverwendung von Wasser und der Beurteilung daraus erwachsender Umweltauswirkungen (z. B. Grundwasserqualität, Durchlässigkeit des Bodens) zu beachten.

Je nach Zielstellung und lokalen Voraussetzungen kommen verschiedene Infiltrationstechnologien zum Einsatz



Abbildung 1: Oberirdische Infiltration von aufbereitetem Abwasser der IWVA in St. Andres, Belgien

(oberirdische Infiltration, unterirdische Infiltration oder Uferfiltration). Diese wirken sich unterschiedlich auf den Flächenbedarf und die Anforderungen an die Qualität des zu infiltrierenden Wassers aus. Außerdem kann die Wasserqualität im Zuge des Infiltrationsprozesses und während der Bodenpassage verschieden stark verändert werden. Im Sinne des Umwelt- und Verbraucherschutzes ist neben der Kenntnis der hydrogeologischen Gegebenheiten ein umfassendes Monitoring des Grundwassers notwendig. Viele nationale und internationale Gesetzen bzw. Richtlinien schreiben eine Risikobewertung vor.

Gewählter Vorsorgeansatz für den Sektor Grundwasseranreicherung

Soll wiederverwendetes Wasser zur Grundwasseranreicherung eingesetzt werden, sind neben technologisch relevanten Parametern (z. B. Trübung, Sauerstoff, Eisen, Mangan, gelöster organischer Kohlenstoff (DOC)) insbe-

sondere die anthropogenen Wasserinhaltsstoffe zu beachten. Hierzu zählen unter anderem die schwer abbaubaren organischen Spurenstoffe wie Medikamente, Haushalts- und Industriechemikalien sowie Mikroorganismen (Viren, Bakterien), aber auch Nährstoffe wie Ammonium, Nitrit, Nitrat und Phosphat. Bei Umsetzung der MULTI-ReUse-Verfahren wird diesen Parametern deshalb besondere Beachtung geschenkt. Im Rahmen des Projektes wird z.B. in Bezug auf die mikrobiologische Belastung ein Online-Monitoring mittels Durchflusszytometrie zur ständigen Überwachung der Wasserqualität entlang der Verfahrenskette getestet. Zur Entfernung von Spurenstoffen wird das Verfahren Aktivkohle-Adsorption eingesetzt.

Vorgehensweise zur Festlegung der Qualitätsanforderungen

Um ein Anforderungsprofil für Infiltrationswasser, mit dem eine Grundwasseranreicherung gespeist werden kann, für MULTI-ReUse zu erstellen, wurden nationale und internationale Fallbeispiele der künstlichen Grundwasseranreicherung zusammengestellt und im Hinblick auf ihre technologische Umsetzung sowie die vorherrschenden Rahmenbedingungen untersucht. Da häufig keine expliziten nationalen oder regionalen Regelungen für die künstliche Grundwasseranreicherung mit gereinigtem Abwasser existieren, wurden ergänzend die jeweiligen Gesetzestexte zur Grundwasseranreicherung mittels anderer Rohwasserquellen als Orientierung herangezogen. Als sehr hilfreiche Literaturquellen haben sich in diesem Kontext die Studien der EU zur Wasserwiederverwendung sowie die US EPA Guidelines for Water Reuse (US EPA 2012) und Zusammenfassungen aus den Forschungsprojekten Demoware (Lakretz et al. 2017), Marsol (www.marsol.eu), Demeau (Vilanova et al. 2013), Aquarec ((Wintgens et al. 2005), Reclaim Water (Hochstrat et al. 2008) gezeigt. Die Qualitätsparameter für das Infiltra-

tionswasser wurden vor dem Hintergrund ausgewählt, eine Verschlechterung der Grundwasserqualität zu vermeiden. So wurden für einige Parameter die Geringfügigkeitsschwellenwerte oder die Umweltqualitätsnormen herangezogen (Beispiele siehe Tabelle 1). Es ist jedoch hervor zu heben, dass die Festlegung aufgrund der beeinflussenden Standortfaktoren fallspezifisch erfolgen muss.

Wichtige Verordnungen/Gesetze/Richtlinien

In Deutschland gibt es einige Beispiele, bei denen Oberflächenwasser zur künstlichen Grundwasseranreicherung genutzt wird. Für diese Verfahrensweisen existieren Vorgaben und Empfehlungen aus Regelwerken. Nur in wenigen Fällen wurde bislang gereinigtes Abwasser gezielt dem Grundwasser zugeführt. Daher gibt es für diesen Anwendungsbereich in Deutschland noch keinen klaren Gesetzesrahmen. Grundsätzlich sind übergeordnete Richtlinien, Gesetze und Verordnungen, wie die **EU-Wasserrahmenrichtlinie** bzw. das **Wasserhaushaltsgesetz (WHG)** und die **Grundwasserverordnung (GrwV)** zu berücksichtigen. In konkreten Anwendungsfällen sind jedoch auch die Gesetze der Bundesländer und die Anforderungen der regionalen Behörden maßgeblich. Das WHG besagt, dass die Grundwasseranreicherung eine Gewässerbenutzung und somit genehmigungspflichtig ist. Eine Erlaubnis darf nur erteilt werden, wenn eine nachteilige Veränderung der Wasserbeschaffenheit nicht zu besorgen ist. In Anlage 2 der GrwV sind Schwellenwerte zur Beurteilung des chemischen Grundwasserzustands festgelegt. Hierzu zählen anorganische Parameter sowie Wirkstoffe in Pflanzenschutzmitteln und Biozidprodukten einschließlich relevanter Metaboliten sowie die Summe aus Tri- und Tetrachlorethen. Einige als Schadstoffe eingestufte Parameter sind in Anlage 7 und 8 der GrwV enthalten, jedoch nicht mit einem allgemeinen Schwellenwert oder Grenzwert versehen.

Tabelle 1: Vorschläge für Parameterauswahl und Maximalkonzentrationen im Infiltrationswasser je nach Infiltrationstechnik

Parameter	Einheit	direkte Infiltration ¹	indirekte Infiltration ²	Quelle
Trübung	NTU	0,1	2	US EPA 2012
Escherichia coli	KBE/100 ml	0	1000	Vilanova et al. 2013
DOC (org. C, gelöst)	mg/l	1	10	Vilanova et al. 2013
Stickstoff, insgesamt (TNb)	mg/l	10	10	EU UWWTD 1991
Sulfat	mg/l	150	150	Vilanova et al. 2013
Blei	mg/l	0,0012	0,0012	LAWA 2016
PSM ³ und Biozide, gesamt	mg/l	0,0005	0,0005	LAWA 2016
PSM ¹ und Biozide, einzeln	mg/l	0,0001	0,0001	LAWA 2016

¹ direkte Einleitung in das Grundwasser (über Infiltrationsbrunnen); ² indirekte Einleitung durch Versickerung und Bodenpassage als Reinigungsbarriere; ³ Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel

Zur Einstufung von anthropogenen Änderungen der chemischen Grundwasserbeschaffenheit erarbeitet die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) sogenannte Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS) für anorganische und organische Parameter, die die Grenze zwischen einer geringfügigen Veränderung und einer schädlichen Verunreinigung kennzeichnen sollen. Steht ein Grundwasserkörper mit einem Oberflächengewässer in hydraulischer Verbindung, so ist außerdem die **Oberflächengewässerverordnung (OGewV)** zu beachten, da sich auch der Zustand des Oberflächengewässers nicht verschlechtern darf. Somit sind die Maximalkonzentrationen gemäß **Umweltqualitätsnormen (UQN)** und **UQN-„Watchlist“** relevant, die für einige anorganische sowie zahlreiche organische Substanzen gelten, die in der Industrie, im Haushalt, zu medizinischen Zwecken und in der Landwirtschaft eingesetzt werden.

Das Thema der Gewässerbelastung mit anthropogenen Spurenstoffen wird derzeit stark diskutiert. Manche Behörden ziehen zur Beurteilung der Gewässerbelastung Listen mit bis zu 400 Einzel- und Summenparametern heran, in denen auch bisher nicht regulierte Substanzen enthalten sind, die nach ihrem gesundheitlichen Orientierungswert GOW (geltend für humantoxikologisch nicht oder nur unzureichend bewertbare Stoffe im Trinkwasser) oder einem präventiven Vorsorgewert PV (ein nicht fachlich, sondern per Konvention abgeleiteter Wert) bewertet werden. Grundwasser gilt in Deutschland mit ca. 62 % als bevorzugte Ressource für die Trinkwasserversorgung. Aufgrund der Vielfalt und hohen Anzahl der Stoffe, deren Auswirkungen auf die Umwelt sowie die menschliche Gesundheit teilweise nicht ausreichend bekannt sind, werden sehr hohe Anforderungen an das Anreicherungswasser gestellt. Wasserversorger wie der OÖWW fordern daher als zusätzliche Barriere im Sinne des Vorsorgeprinzips einen Verzicht von Wasserwiederverwendung für Grundwasseranreicherung in Wasserschutzgebieten.

Auf EU-Ebene wurden in den letzten Jahren Studien zur Erarbeitung einer Verordnung erstellt, um unter anderem die Wasserwiederverwendung zur Grundwasseranreicherung in einen gesetzlichen Rahmen zu fassen. Von dem Ziel, diese Maßnahme auf EU-Ebene zu regulieren, wurde jedoch wieder Abstand genommen. Derzeit ist nicht absehbar, ob und wann es einen europäischen Gesetzesrahmen zur Grundwasseranreicherung geben wird. In einigen EU-Staaten und international existieren jedoch bereits entsprechende Gesetze, Vorschriften und Richtlinien. Insbesondere die von der amerikanischen Umweltbehörde (EPA) herausgegebenen **Guidelines for Water Reuse** und die **Australian Guidelines for Water Recycling – Mana-**

ged Aquifer Recharge werden international als Vorlage herangezogen. Tabelle 2 gibt eine Übersicht hierzu wichtiger nationaler und internationaler Dokumente.

Tabelle 2: Ausgewählte internationale Vorschriften und Richtlinien zur Wasserwiederverwendung und Grundwasseranreicherung

Relevante Richtlinien für die Europäische Union
EU-Wasserrahmenrichtlinie (Water Framework Directive 2000/60/EC)
EU-Abwasserrichtlinie (Urban Waste Water Treatment Directive 91/271/EEC)
EU-Grundwasserrichtlinie (Groundwater Directive 2006/118/EC)
EU-Oberflächengewässerrichtlinie (2008/105/EG) mit Umweltqualitätsnormen (UQN)
JRC-Draft: European Commission – Joint Research: Development of minimum quality requirements for water reuse in agricultural irrigation and aquifer recharge Draft V.3.3. (Juni 2017)
Richtlinien und Normen mit internationaler Relevanz
WHO: World Health Organization (2006) Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Geneva, Switzerland
US EPA: US EPA (2012) Guidelines for Water Reuse 2012. Report EPA/600/R-12/618
Australien: NWQMS (2006) Australian Guidelines for Water Recycling, National Guidelines for Water Recycling: Managing Health and Environmental Risks (Phase 1)
Australien: NWQMS (2008) Australian Guidelines for Water Recycling, National Guidelines for Water Recycling: Managing Health and Environmental Risks (Phase 2), Augmentation of Drinking Water Supplies
Australien: NWQMS (2009) Australian Guidelines for Water Recycling, National Guidelines for Water Recycling: Managing Health and Environmental Risks (Phase 2), Managed Aquifer Recharge

Fazit

Künstliche Grundwasseranreicherung mit wiederverwendetem Wasser kann eine geeignete wasserwirtschaftliche Maßnahme darstellen. Sie wird als solche bereits in einigen Ländern der EU und international eingesetzt. Als größte Herausforderung ist derzeit die Gefahr der Verunreinigung mit anthropogenen organischen Spurenstoffen zu nennen. Dies erfordert eine standortspezifische Risikoanalyse mit hieraus abgeleiteten, verbindlichen Aufbereitungs-, Betriebs- und Monitoringkonzepten.

Generell stellt Grundwasseranreicherung einen hohen Anspruch an die Kenntnisse des Untergrunds und des Grundwasserkörpers (Bodenarten, Fließrichtungen, Durchlässigkeiten, Wasserqualität, Verbindungen mit anderen Wasserkörpern). Diese müssen lokal durch hydrogeologische Erkundung ermittelt oder modelliert werden. Ein

durchdachtes Grundwassermonitoring ist bei technischer Umsetzung notwendig, um Veränderungen des Grundwassers durch die Maßnahme zu überwachen und nachzuvollziehen.

Wenngleich auf nationaler wie internationaler Ebene bislang nur wenig explizite Regelungen und Vorgaben existieren, wurden im Rahmen von MULTI-ReUse auf Basis internationaler Beispiel und übergeordneter Gesetzestexte sowie verschiedenen Regelungen aus den Bereichen der Siedlungswasserwirtschaft Rahmenbedingungen für die künstliche Grundwasseranreicherung mit gereinigtem Abwasser abgeleitet. Die Qualitätsparameter wurden dabei so ausgewählt, dass das Risiko einer Verschlechterung der Grundwasserqualität minimiert wird.

Literatur

- EU UWWTD (1991): EU Urban Wastewater Treatment Directive
- Hochstrat et al. (2008): Development of integrated water reuse strategies. *Desalination* 218, 208–217
- INERIS (2014): <https://substances.ineris.fr/fr/substance/1031>. Portail Substances Chimiques
- Lakretz et al. (2017): Pretreatment requirements and design guidelines for SAT technologies, and two SAT case studies. Deliverable D1.4 EU research project DEMOWARE
- LAWA (2016): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser. Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
- TrinkwV (2016): Trinkwasserverordnung. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2016 Teil I Nr. 12, Bonn
- US EPA (2012): Guidelines for Water Reuse. Washington D.C. United States Environmental Protection Agency
- Vilanova et al. (2013): Decision trees for MAR impact evaluation: identification of optimum conditions to face emerging pollutants removal in MAR systems. Deliverable D12.1. EU research project DEMEAU
- Wintgens et al. (2005): Political and legislative framework conditions for wastewater reclamation and reuse in Europe. In: 20th Annual Water Reuse Symposium, Denver, USA, 18.–21.09.2005

Kurzbeschreibung Projekt MULTI-ReUse

Gereinigtes Abwasser ist ein wichtiger Teil des Wasserkreislaufs. Eine Einleitung in Flüsse ist aus Umweltsicht akzeptabel, aber für eine wirtschaftliche Nutzung ist das Wasser meistens ungeeignet. MULTI-ReUse schließt diese Lücke und eröffnet durch die Entwicklung und Anwendung neuer Verfahren weitere Anwendungsmöglichkeiten für Betriebswasser. Ziel des Projektes ist die Entwicklung, Demonstration und Bewertung eines modularen Aufbereitungssystems. Damit soll das Betriebswasser in unterschiedlichen Qualitäten und wechselnden Mengen zu konkurrenzfähigen Preisen angeboten werden.

Autorinnen

Barbara Zimmermann, Kristina Wencki, Anja Rohn
IWW Zentrum Wasser

Kontakt: a.rohn@iww-online.de

Impressum

Die Erstellung und Veröffentlichung dieses Factsheets erfolgt im Rahmen des MULTI-ReUse Verbundvorhabens, gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 02WAV1403 innerhalb der Fördermaßnahme WavE.

IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gemeinnützige GmbH
Moritzstr. 26, 45476 Mülheim an der Ruhr

Internet: <https://water-multi-reuse.org/>
E-Mail: info@iww-online.de

Presserechtlich verantwortlich:
Dr.-Ing. Wolf Merkel (Techn. Geschäftsführer)

November 2018

