

AMAREX: Die Anpassung des urbanen Regenwassermanagements an Wasserextreme

Christian Scheid (Kaiserslautern), Michel Gunkel, Andreas Matzinger (Berlin), Ralf Minke (Stuttgart), Luisa Schwab (Köln), Jenny Trötzsch (Berlin), Ulrich Dittmer (Kaiserslautern)

Zusammenfassung

Im Rahmen des hier vorgestellten Forschungsvorhabens AMAREX („Anpassung des Managements von Regenwasser an Extremereignisse“) wurde untersucht, wie sich blau-grüne Infrastrukturen (BGI) und Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung (RWB) an die zunehmenden Extrembelastungen Starkregen, Trockenheit und Hitze anpassen lassen und inwiefern der Zustand des urbanen Wasserhaushalts als Bewertungsindikator für die Anpassung an Wasserextreme dienen kann. Die Untersuchungsergebnisse zur Anpassung des Regenwassermanagements wurden in mehrere Anwendungen und prototypisch in ein webbasiertes Planungstool für Kommunen zur Entscheidungsunterstützung überführt.

Schlagwörter: Regenwassermanagement, Extremwetterereignisse, Starkregen, Trockenheit, Hitze, Klimaanpassung, Wasserextreme, Urbaner Wasserhaushalt, Blau-grüne Infrastrukturen, Regenwasserbewirtschaftung

DOI: 10.3243/kwe2026.01.007

Abstract

Digitale Instrumente für Monitoring, Analyse, Vorhersage und Kommunikation

AMAREX: Adapting Stormwater Management to Extreme Events

The AMAREX (Adapting Stormwater Management to Extreme Events) research project presented in this article examined how blue-green infrastructure and rainwater management measures can be adjusted to cope with increasing stresses from heavy rainfall, drought, and heat. Additionally, it explored how the condition of the urban water balance can serve as a benchmark for evaluating adaptation to water extremes. The results of the investigations into adapting rainwater management have already fed into several applications, including a prototype web-based planning tool, to help municipalities make informed choices.

Keywords: Rainwater management, extreme weather events, heavy rainfall, drought, heat, climate change adaptation, water extremes, urban water balance, blue-green infrastructure

1 Hintergrund und Zielsetzung

Auch der Sommer 2025 führte uns wieder vor Augen, dass die negativen Auswirkungen klimawandelbedingter Wetterextreme besonders in Städten zu spüren sind. Hohe Flächenversiegelungsgrade und Bebauungsdichten verschärfen einerseits das Überflutungsrisiko durch Starkregen und andererseits die Bildung sommerlicher Hitzeinseln. Darüber hinaus erhöht sich in Trockenperioden deutlich das Dürrerisiko für die urbane Vegetation, weil für den erhöhten Bewässerungsbedarf der Pflanzen der natürliche Niederschlag nicht ausreichend verfügbar ist oder hierfür die kostbare Ressource Trinkwasser nicht genutzt werden soll. Ebenso erhöht sich das Dürrerisiko von urbanen Gewässern aufgrund erhöhter Verdunstung.

Das Forschungsvorhaben AMAREX wurde als eines von 12 Verbundvorhaben im Rahmen der Maßnahme „Wasser-Extremereignisse“ (WaX) durch das Bundesministerium für For-

schung, Technologie und Raumfahrt (BMFRT) gefördert. AMAREX untersuchte im Zeitraum 02/2022 bis 07/2025 die Möglichkeiten zur Anpassung des Regenwassermanagements durch blau-grüne Infrastrukturen (BGI) und Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung (RWB) an die zunehmenden Extrembelastungen Starkregen, Trockenheit und Hitze. Zusätzlich wurde überprüft, inwieweit sich der Zustand des in der Regel negativ beeinträchtigten urbanen Wasserhaushalts als zentraler Bewertungsindikator für die Güte der kommunalen Anpassung an Wasserextreme heranziehen lässt.

Ein wesentliches Ziel von AMAREX war die Entwicklung von Methoden und Werkzeugen, die Kommunen dabei unterstützen, sich besser an die Extremereignisse Starkregen, Hitze und Dürre als Klimafolgen anzupassen. Wesentliche Werkzeuge aus AMAREX wurden daher in einem anschaulichen Web-

tool zusammengeführt oder als eigene Anwendungen den kommunalen Stakeholdern als Informations-, Kommunikations- und Entscheidungshilfe bereitgestellt.

2 Forschungsfelder und Ergebnisse

Die in AMAREX bearbeiteten Forschungsfelder werden nachfolgend mit einer kurzen Erläuterung der erzielten Ergebnisse beschrieben.

2.1 Handlungsfeld Starkregenvorsorge

Im Handlungsfeld Starkregenvorsorge wurde untersucht, wie sich etablierte Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung (RWB) funktional verbessert als „RWB+ Anlagen“ an die Anforderungen der Überflutungsvorsorge anpassen lassen und welche Effekte der Überflutungsminderung sich daraus quantitativ ergeben.

Auf Basis einer Systemanalyse wurde für verschiedenste dezentrale RWB-Anlagen und Elemente der BGI (Versickerungsanlagen, Gründächer, Zisternenarten und Baumrigolen) deren technisch-funktionale Erweiterbarkeit zu RWB+ Anlagen für die Starkregenvorsorge definiert und in einem Maßnahmenkatalog (Steckbriefe) beschrieben. In die Maßnahmensteckbriefe wurden zudem die Belange der weiteren Handlungsfelder integriert: Die funktionale Anpassung der Anlagen zur Trockenheitsvorsorge (als „RWB-N“), die sozio-ökonomischen Wirkungen und die Einflüsse der Anlagen auf den lokalen Wasserhaushalt.

Zur Wirkungsanalyse der Überflutungsminderung wurden gekoppelte 1D/2D-Überflutungssimulationen für ein Untersuchungsgebiet in Berlin durchgeführt. Die Simulationsszenarien umfassten insgesamt 14 verschiedene RWB+ und RWB-Anlagen im Wesentlichen zur Bewirtschaftung der Dachflächenabflüsse unter Ansatz fiktiver Implementierungsgrade (von 0 % bis 100 %) für zwei verschiedene Starkregen (SRI 7 und SRI 10 nach Schmitt). Aus der Auswertung der erzeugten Überflutungskarten wurden einfache, anlagenbezogene Wirkungskurven der Überflutungsminderung entwickelt. Mit diesen lassen sich die Anlageneffekte zur Überflutungsminderung auf andere Einzugsgebiete als grobe Abschätzung übertragen. Die Kurven wurden für eine einfachere Anwendung ohne Simulation in ein frei verfügbares RWB+ Tool implementiert.

2.2 Handlungsfeld Trockenheitsvorsorge

Im Handlungsfeld Trockenheitsvorsorge wurde untersucht, wie sich etablierte RWB-Maßnahmen funktional verbessert als „RWB-N Anlagen“ an die Anforderungen der Dürrevorsorge als Wasserextrem anpassen lassen, um die Wassernutzung in Dürrephasen für Bewässerung, Gewässerstützung und Trinkwassereinsparung in Spitzenverbrauchszeiten sicherzustellen.

Es wurden vier Pilotgebiete und Anwendungsfälle in Köln mit unterschiedlichen Ausgangssituationen, Planungsrandbedingungen und Wassernutzungsbedarfen untersucht. Nach einer Gebietsanalyse wurden Regenwassernutzungskonzepte in verschiedenen Varianten mit den jeweils erforderlichen Speichervolumina erarbeitet und mit 10-Jahres-Regenreihen modelliert. Das dafür weiterentwickelte ESB-Modell (Erfassung-Speicherung-Bereitstellung) wurde hierzu mit Modellen zur Stadthydrologie (SWMM) und Bewässerung (CropWat) gekoppelt.

Aus einer Vielzahl von Simulationen mit dem ESB-Tool konnten Zusammenhänge zwischen Niederschlagsgeschehen und Auffangflächen einerseits und Bewässerungs- und anderer Nutzungsarten andererseits abgeleitet werden. Diese wurden mit dem jeweils erforderlichen Speichernutzvolumen, genutztem Niederschlagsvolumen, ungenutztem Speicherüberlauf und erforderlicher Trinkwassernachspeisung in eine einfachere, frei verfügbare Anwendung, den Nutzvolumenrechner (RWB-N Tool) überführt.

Schließlich wurde für zwei Standard-Modellgebiete in Berlin und Köln ein frei verfügbares RWB-Vergleichs-Tool für alle definierten RWB-, RWB+ und RWB-N-Maßnahmen entwickelt, mit dem Wasserbilanzen ermittelt und Speicher dimensioniert (Flächen-/Volumenbedarf) werden können. Das Tool erlaubt einen Vergleich unterschiedlicher Maßnahmen abhängig von der gewählten Gewichtung der Ziele Nutzung, Starkregenvorsorge, Verdunstung und Versickerung. Dadurch lassen sich unter definierten Randbedingungen die jeweils bestgeeigneten Maßnahmen auswählen und die Einflüsse veränderter Zielsetzungen auf die Wirksamkeit der Maßnahmen testen.

Parallel dazu wurde über 3 Jahre eine großtechnische Versuchsanlage zur Bewässerung von Fassadenbegrünungselementen (Efeu) betrieben (Abbildung 1). Mit dieser wurden die Regenabflüsse von drei unterschiedlichen Herkunftsf lächen (Bitumendach, Gründach, Straße) in getrennten Retentions-

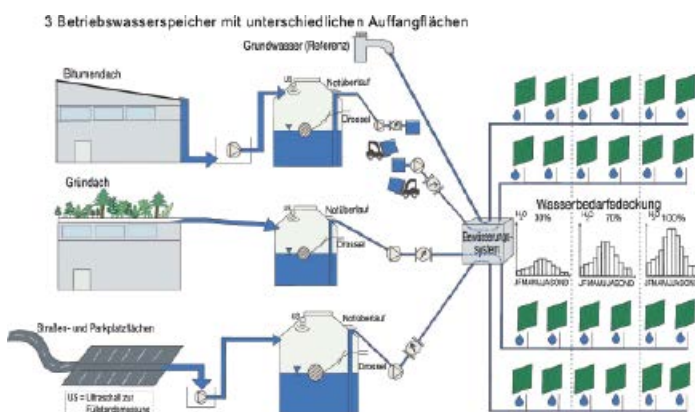


Abb. 1: Versuchsstand zur Erfassung/Speicherung von Dachablaufwasser und Bewässerung von Fassadenbegrünungselementen (Bildquellen: ISWA Stuttgart)

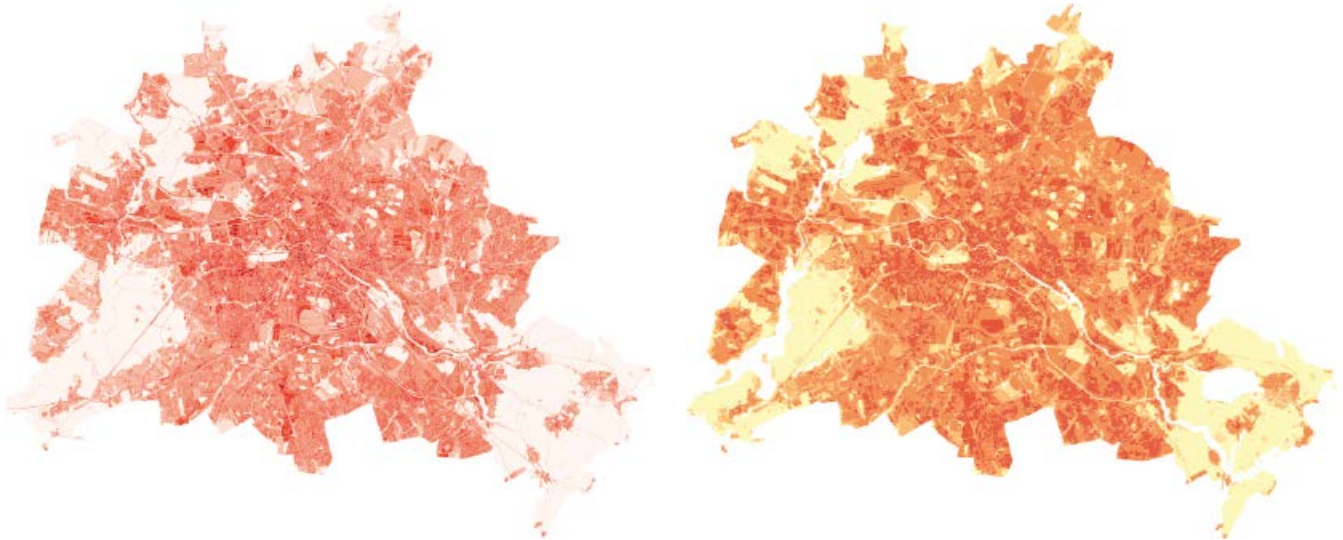


Abb. 2: links: ΔW für Berlin mittels ABIMO berechnet; rechts: Lufttemperatur an einem Hitzetag um 14 Uhr, Ergebnis einer gesamtstädtischen Klimamodellierung Berlins (Bildquelle: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Bauen und Wohnen. 2025)

zisternen gespeichert, analysiert und schließlich zur Bewässerung der Elemente genutzt, um deren notwendige Bewässerungswasserquantitäten und -qualitäten sowie Verdunstungsleistungen zu ermitteln.

2.3 Handlungsfeld Wasserhaushalt

Der im Vergleich zu einer natürlichen Fläche stark veränderte urbane Wasserhaushalt ist eine wichtige Ursache der in AMAREX betrachteten Problemstellungen bei extremen Wetterereignissen wie Starkregen oder Trockenperioden. Entsprechend fordert das Merkblatt DWA-M 102-4 (DWA 2022) eine Annäherung des jährlichen Wasserhaushaltes an einen natürlichen Zustand als aktive Klimaanpassung.

Ausgehend von den Vorschlägen wurde in AMAREX das existierende open-source Modell ABIMO zur Quantifizierung der Wasserhaushaltskomponenten auf gesamtstädtischer Ebene weiterentwickelt (Sonnenberg und Del Punta 2025). Das Modell ermöglicht (i) die Analyse des aktuellen jährlichen Wasserhaushalts einer Stadt, (ii) die Analyse des Wasserhaushaltes im unbebauten „natürlichen“ Zustand sowie (iii) die Simulation der Effekte von blau-grünen Infrastrukturen. Die Ergebnisse erlauben dadurch eine direkte Berechnung der Abweichung in den drei Komponenten des Wasserhaushaltes (prozentualer Wert ΔW). In AMAREX wurde die natürliche, unbebaute Referenz als typische Parklandschaft definiert, das Modell erlaubt aber eine freie Wahl zwischen Brachfläche und Wald. ABIMO wurde für die Gesamtstadt Berlins aufgebaut und im Projekt erfolgreich auf Köln übertragen.

Das Modell wurde zudem genutzt, um die Aussagekraft des Wasserhaushaltes als Planungsgröße für die Abmilderung von extremen Wetterereignissen zu prüfen. In ersten Vergleichen mit Ergebnissen komplexer Modelle für Berlin zeigte sich eine gute Korrelation zwischen ΔW (bzw. der Abweichung in den einzelnen Komponenten des Wasserhaushaltes) und Hitzeinseln (siehe Abbildung 2), dem Gesamtvolumen von Mischwasserüberläufen Berlins und dem Überflutungsvolumen bei Starkregen für zwei Testgebiete.

Im Rahmen des Projektes wurde ABIMO auch in das Webtool integriert. Durch die geringen Rechenzeiten des Modells

können so auch Nicht-Modellierende die Effekte von ausgewählten BGI-Maßnahmen auf ΔW live rechnen. Das Modell ABIMO selbst ist frei in der Sprache R zum Download verfügbar, die Berliner Ergebnisse sind zudem als Karten im Berliner Geoportal (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Bauen und Wohnen 2025) erhältlich.

2.4 Handlungsfeld Sozio-Ökonomie

Im Handlungsfeld Sozio-Ökonomie wurde im Austausch mit Stakeholdern eine sozio-ökonomische Bewertungsmethode für urbane BGI-Elemente erarbeitet. Die entwickelte Multikriterienanalyse (MKA) ist ein umfassendes Bewertungssystem für die in AMAREX betrachteten Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen. Die MKA berücksichtigt umwelt-, soziale und ökonomische Aspekte in qualitativer und quantitativer Form. Dabei finden neben wasserwirtschaftlichen Aspekten, welche anhand der Modellierungen in AMAREX bewertet wurden, auch weitere Kriterien wie die Akzeptanz und Umsetzbarkeit von Maßnahmen sowie Kostenaspekte und Auswirkungen auf Biodiversität und Wohlbefinden der Bevölkerung Berücksichtigung. Die weiteren Kriterien wurden auf Basis von Literatur bewertet und mit Einschätzungen und Validierungen von

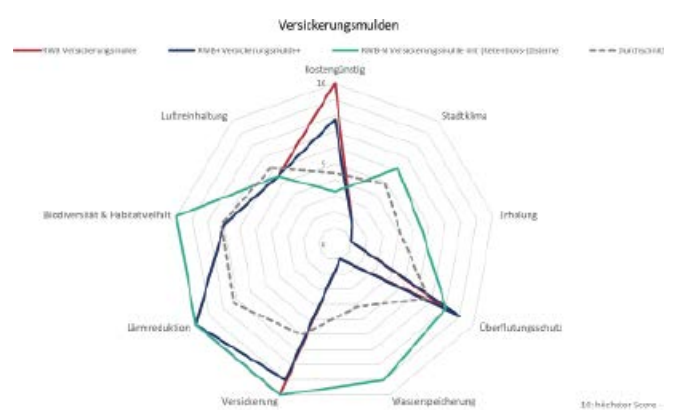


Abb. 3: Beispiel für die Multikriterielle Bewertung der RWB, RWB+ und RWB-N Maßnahmen



Abb. 4: Screenshot des AMAREX Webtools

Expert*innen ergänzt. Für jedes der insgesamt 18 Kriterien wurden ein oder mehrere operationalisierbare Indikatoren entwickelt. Abbildung 3 zeigt beispielhaft für Versickerungsmulden ausgewählte Kriterien der MKA-Bewertung für die im Projekt untersuchten RWB, RWB+ und RWB-N Maßnahmen. Auf Basis der entwickelten Methode wurde in AMAREX ein MKA-Tool entwickelt.

2.5 Kommunale Verankerung der Ergebnisse

Die beschriebene Methodenentwicklung wurde auf Grundlage ausgewählter Pilotgebiete in den Partnerstädten Köln und Berlin von Beginn an auf der kommunalen Anwenderebene verankert. Darüber hinaus wurde die Überführung der wesentlichen Ergebnisse in ein AMAREX Webtool für die kommunale Praxis und Öffentlichkeitsarbeit durch einen intensiven Stakeholderprozess in Workshoprunden begleitet, der sich über die Gesamtlaufzeit des Vorhabens erstreckt hat. Damit war ein kontinuierlicher Entwicklungsdialo g zwischen der wissenschaftlich fundierten Ausarbeitung und der späteren praxis-bezogenen Anwendung auf Seiten der Kommunen gewährleistet.

Das AMAREX Webtool wurde zusammen mit den Partnerstädten Köln und Berlin entwickelt. Es führt auf einer webbasierten Plattform die Effekte von Regenwasserbewirtschaftung auf Klimafolgen im urbanen Raum in Form vereinfachter Karten und MS Excel-Tools zusammen und erlaubt durch Integration des Wasserhaushaltsmodells ABIMO Untersuchungen zur langfristigen Abweichung der urbanen Wasserbilanz vom natürlichen Zustand. Es ermöglicht so die frühe Berücksichtigung der Klimaanpassung in städtischen Planungsstrategien und unterstützt zudem die sektorenübergreifende Zusammenarbeit zwischen Stadt-, Freiraum- und Infrastrukturplanung. Unterschiedliche Anpassungsziele an die Wasserextreme lassen sich so besser integral und eng aufeinander abgestimmt verfolgen und zugehörig verlässliche Wirkungsabschätzungen (technisch, sozio-ökonomisch) für verschiedene Planungsszenarien durchführen.

Ein zentrales Element zur datenbasierten Vorauswahl geeigneter Flächen bilden die im Projekt entwickelten Potenzialkarten, die auf Basis urbaner Geodaten Informationen zu Versickerungsfähigkeit, Flächennutzung und Belastungslage kombinieren (Abbildung 4). Diese Karten wurden ausgehend vom Berliner Modell methodisch auf Köln übertragen und mit den kommunalen Partnern auch auf weitere Maßnahmen, wie Dachbegrünung und Gleisbettbegrünung fortgeschrieben. Die

Karten ermöglichen eine strategische Priorisierung von Maßnahmenflächen und sollen künftig auch in bestehende Kartendienste integriert werden.

Die Übertragbarkeit der Methoden und Werkzeuge war ein zentrales Anliegen des Projekts. Das Planungstool wurde prototypisch für Berlin ausgearbeitet und hinsichtlich seiner Übertragbarkeit am Beispiel von Köln getestet. Der iterative Austausch mit den kommunalen Partnern sowie die abgestimmte Weiterentwicklung der Potenzialkarten trugen dazu bei, ein anschlussfähiges und praxistaugliches Werkzeug zu schaffen.

3 Fazit

Zum Abschluss des Projekts fand im Juli 2025 in Köln eine überregional beworbene Veranstaltung mit Teilnehmenden aus Kommunen, Fachverwaltungen, Wissenschaft und Planungspraxis statt. Die regen Diskussionen und Gespräche bestätigten die hohe Relevanz aller Forschungsfelder in AMAREX. Insbesondere stieß die Vorstellung des Webtools auf große Resonanz: Eine begleitende Umfrage zeigte, dass das Instrument als hilfreich, anschlussfähig und dringend notwendig bewertet wurde. Verschiedene Kommunen signalisierten ein konkretes Interesse an der Übertragung auf ihre Stadtgebiete und sprachen sich für eine Weiterentwicklung und Verstetigung der Projektergebnisse aus. Der fachliche Austausch und die aktive Beteiligung von Stakeholdern, Kommunen und Wissenschaft machten die Veranstaltung zu einem wichtigen Impuls für die zukünftige Anwendung in der kommunalen Praxis.

Dank und Hinweise

Die Autoren danken herzlich dem Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFRT) für die Projekt-

Anzeige

TIPPS ZUM THEMA



Seminar

Emissions- und Immissions-Regelungen zur Bewirtschaftung von Regenwetterabflüssen – DWA-A/M 102
24./25. März 2026
Online
595,00 € / 495,00 €**



Kurs mit Zertifikat

Fachplaner*innen Starkregenvorsorge
9.-20. März 2026
Online
1.980,00 € / 1.650,00 €**



Seminar

Niederschlagswasser-management
15. April 2026
Magdeburg
370,00 € / 320,00 €**

* Fördernde Mitglieder erhalten 20% Rabatt
** Mitgliederpreis

förderung (FKZ: 02WEE1624A-H) im Rahmen der Fördermaßnahme „Wasser-Extremereignisse“ (WaX) sowie dem Veretzungs- und Transfervorhaben Aqua-X-Net.

Das Verbundvorhaben AMAREX wurde von den Projektpartnern Berliner Wasserbetriebe AöR, Ecologic Institut gemeinnützige GmbH Berlin, HELIX Pflanzensysteme GmbH Kornwestheim, Kompetenzzentrum Wasser Berlin gemeinnützige GmbH, Stadtentwässerungsbetriebe Köln AöR, Technologiestiftung Berlin, Universität Stuttgart und RPTU Kaiserslautern-Landau (Koordination) bearbeitet. Nähere Informationen zu AMAREX unter <https://amarex-projekt.de>

Literatur

DWA (2022): Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 4: Wasserhaushaltsbilanz für die Bewirtschaftung des Niederschlagswassers. Merkblatt DWA-M 102-4/BWK-M 3-4. März 2022

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Bauen und Wohnen (2025): Berliner Geoportal. Karten „Wasserhaushalt 2022“. <https://gdi.berlin.de/viewer/main/>.

Sonnenberg, H. & Del Punta, F. (2025): kwb.rabimo: R-Implementation of Water Balance Model Abimo. Release v2.0.0. <https://github.com/KWB-R/kwb.rabimo>

Autor*innen

Dr.-Ing Christian Scheid¹⁾
 Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft
 RPTU – Rheinland-Pfälzische Technische Universität
 Kaiserslautern-Landau
 Paul-Ehrlich-Straße 14, 67663 Kaiserslautern

E-Mail: christian.scheid@rptu.de

¹⁾ Korrespondenzautor

Dipl.-Ing. Michel Gunkel
 Berliner Wasserbetriebe AöR
 Cicerostraße 24, 10709 Berlin

Dr. Andreas Matzinger
 Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH
 Grunewaldstraße 61–62, 10825 Berlin

Dipl.-Ing. Ralf Minke
 ISWA – Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft
 Abteilung für Multiskalige Umweltverfahrenstechnik
 Universität Stuttgart, Bandtäle 2, 70569 Stuttgart

Luisa Schwab
 Stadtentwässerungsbetriebe Köln, AöR
 Ostmerheimer Straße 555, 51109 Köln

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Jenny Trötzsch
 Ecologic Institut, Berlin
 Pfalzburger Straße 43/44, 10717 Berlin

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Dittmer²⁾
 Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft
 RPTU – Rheinland-Pfälzische Technische Universität
 Kaiserslautern-Landau
 Paul-Ehrlich-Straße 14, 67663 Kaiserslautern

E-Mail: ulrich.dittmer@rptu.de

²⁾ Koordination

KW

DWA



Klare Konzepte. Saubere Umwelt.

Fachgremien

Vorhabensbeschreibung

Erarbeitung eines Arbeitsberichts in der Arbeitsgruppe KA-6.1 „Mikrobiologie der Abwasserreinigung“

Die DWA beabsichtigt, in der Arbeitsgruppe KA-6.1 „Mikrobiologie der Abwasserreinigung“ einen mehrteiligen Arbeitsbericht zum grundsätzlichen Verständnis der Stickstoffkreisläufe im Be-

lebtschlamm von Kläranlagen sowie die zugrundeliegenden mikrobiellen Prozesse zu erarbeiten.

Der DWA-Fachausschuss KA-6 „Aerobe biologische Abwasserreinigungsverfahren“ (Obmann: Prof. Dr.-Ing. Tobias Morck) sieht sich veranlasst, aufgrund der steigenden Anforderungen durch die neue EU-Kommunalabwasserrichtlinie und die anstehende Überarbeitung des DWA-A 131, sich in der bestehenden Arbeitsgruppe KA-6.1 „Mikrobiologie in der Abwasserreinigung“ (Sprecherin: Dr. Marina Ettl) mit den Grundlagen mikrobieller Stickstoffströme in Kläranlagen

zu befassen. Die biologische Stickstoffentfernung in Kläranlagen rückt stärker in den Fokus, sodass ein grundsätzliches Verständnis der Stickstoffkreisläufe im Belebtschlamm von Kläranlagen sowie die zugrundeliegenden mikrobiellen Prozesse eine höhere Wichtigkeit erlangen.

In einem mehrteiligen Arbeitsbericht werden folgende Zusammenhänge unter biologischen und verfahrenstechnischen Gesichtspunkten anwenderfreundlich erläutert:

- grundsätzliche mikrobielle Mechanismen und Stoffwechselwege