

Starkregenvorsorge und Klimaanpassung – Entwicklung eines Vorhersage- und Warnsystems für Kommunen

Alpaslan Yörük, Hendrik Burkamp, Volker Mißler, Oliver Buchholz

Zusammenfassung

Lokale Vorhersage- und Warnsysteme bieten für Kommunen großes Potenzial zur Verhinderung von Schäden durch Starkregen und Hochwasser, und sie stärken damit die kommunale Klimaresilienz.

Als technische Grundlage eignet sich eine Vorhersageplattform, die bspw. per LoRaWAN übertragene Messdaten auswertet und mithilfe von integrierten hydronumerischen und hydrologischen Modellen Abflüsse prognostiziert.

Das Vorhersagesystem muss leicht verständlich und bedienbar sein und Meldungen für digitale und analoge Warnsysteme erzeugen können.

Der Beitrag beschreibt die Entwicklung eines Hochwasser- und Starkregenwarnsystems für Kommunen, das Mess- und Vorhersagedaten mit hydrologischer sowie hydronumerischer Modellierung kombiniert.

1 Stärkung der Klimaresilienz durch Vorhersagesysteme

Unser Klima hat sich mit dem Ansteigen der mittleren Lufttemperatur in den letzten Jahren bereits spürbar verändert. Extremereignisse wie Stürme, Starkregen und Trockenzeiten treten häufiger auf und eine weitere Zunahme dieser Phänomene und der durch sie entstehenden Schäden ist zu erwarten. Kommunen und Regionen sollten diese Entwicklung ernst nehmen, sich klimaresilient weiterentwickeln und die vorhandenen Instrumente der Vorsorge nutzen.

1.1 Rückschau auf Ansätze und Projekte

Die Gefahr durch pluviales Hochwasser und der Bedarf an Frühwarnsystemen sind seit langem im Fokus der Wissenschaft. Im Rahmen der Förderaktivität „Risikomanagement extremer Hochwasserereignisse“, kurz RIMAX, förderte das BMBF im Zeitraum 2005 bis 2010 über 30 Verbundprojekte mit insgesamt etwa 20 Millionen Euro. Ziel der Förderaktivität war es, durch Integration unterschiedlicher Fachdisziplinen und der verschiedenen Akteure verbesserte Instrumente des Hochwasserrisikomanagements zu entwickeln und zu implementieren. Im Fokus standen extreme Hochwasserereignisse in Flussgebieten (GFZ 2023). Hydrotec hat sich in diesem Rahmen an zwei Projekten beteiligt.

Das von Hydrotec initiierte und geleitete RIMAX-Verbundprojekt URBAS richtete im gleichen Zeitraum den Fokus erstmalig auf Überflutungen, die durch Starkregenereignisse verursacht werden und stellte einen Bezug zum Klimawandel her. *„Schadensstatistiken für Deutschland zeigen, dass ein bedeutender Anteil der Schäden infolge von Überschwemmungen in städtischen Gebieten aus Sturzfluten resultiert. Aktuelle Studien zum Klimawandel zeigen für Westeuropa zudem eine wachsende Häufigkeit und Intensität derartiger Ereignisse“* (Castro et al., 2008).

Im Rahmen von URBAS wurde das Unwetter-Warnsystem „KONRAD“ des Deutschen Wetterdienstes (DWD) weiterentwickelt mit dem Ziel, insbesondere Starkregenzellen besser zu erkennen.

Das RIMAX Verbundprojekt HORIX (Entwicklung eines operationell einsetzbaren Expertensystems zum Hochwasserrisikomanagement unter Berücksichtigung der Vorhersageunsicherheit) wurde 2005 bis 2008 bearbeitet (Disse 2007). Sein Ziel war die Verbesserung des Hochwassermanagements in mesoskaligen Einzugsgebieten der Mittelgebirge auf Basis der Hochwasserwirkungskette „Niederschlagsvorhersage – Niederschlag-Abfluss-Modell – hydraulisches Modell“. Dabei sollen insbesondere die Modellunsicherheiten der Teilelemente der Wirkungskette analysiert und zu einer gesamten Vorhersageunsicherheit integriert werden, um so frühzeitigere und zuverlässigere Warnungen zu ermöglichen.

Diese und ähnliche Vorhaben bieten eine sehr gute Grundlage für die Weiterentwicklung und Verbesserung des Hochwasser- und Starkregenrisikomanagements. Ihre Ergebnisse richteten sich vor allem an Fachleute und Spezialisten. Eine Portierung und der Einsatz in der Praxis sind allerdings ausgeblieben. Mit dem hier beschriebenen Vorhaben wird ein System entwickelt, das auf Endanwender*innen ausgerichtet ist, die über geringes technisches und fachliches Wissen verfügen.

1.2 Aktuelles Forschungsvorhaben

Eine Analyse mehrerer Starkregenereignisse zeigte, dass es schwierig ist, diese hinsichtlich der Vorwarnzeit, der geographischen Verortung und der zu erwartenden Niederschläge adäquat vorherzusagen. Umso wichtiger ist eine technische und inhaltliche Weiterentwicklung der Vorhersagemodelle (Kind 2019).

Zusätzlich ist es erforderlich, die Informationen aus Vorhersagen übersichtlich und verständlich aufzubereiten, sodass nicht-wissenschaftlich ausgebildete Menschen eine mögliche Gefährdung erkennen und reagieren können. Bei der Hochwasserkatastrophe im Sommer 2021 sagte eine Starkregen-Frühwarnung des DWD einen Niederschlag von bis zu 200 l/qm voraus (DWD 2021). Diese Angabe lässt sich für wasserwirtschaftliche Laien nur sehr schwer einordnen, geschweige denn in eine konkrete Überschwemmungsgefahr umsetzen.

Großes Potenzial zur Verbesserung der Starkregenvorhersage bietet der Aufbau eines lokalen Vorhersage- und Warnsystems für Starkregenereignisse und Hochwasser (siehe Abb. 1). Solch ein System entwickelt Hydrotec derzeit in Zusammenarbeit mit der htw saar in einem Projekt für drei Pilotgebiete.

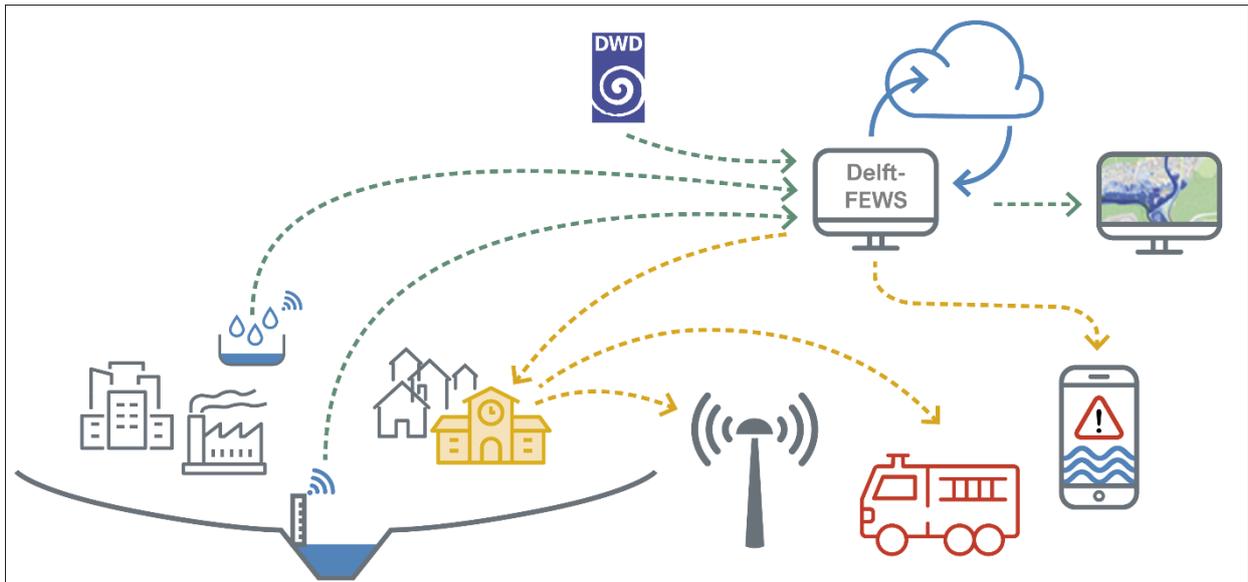


Abb. 1 Ein lokales Vorhersage- und Warnsystem für Starkregen- und Hochwasserereignisse stärkt die Klimaresilienz von Kommunen und lässt sich mit wenig Aufwand realisieren. (Quelle: Hydrotec)

2 Datenbasis: Messsysteme und Modelle

Das zu entwickelnde Starkregenwarnsystem soll in einem zentralen Cloud-basierten System Vorhersagedaten für die ganze Bundesrepublik Deutschland bieten. Kommunen können diese Daten nutzen, um das Vorhersage und Warnsystem für ihr Gebiet zu betreiben.

Es wird flexibel anpassbar sein und je nach Erfordernis in drei Stufen betrieben.

In der Stufe 1 sollen Warnungen allein auf Grundlage von DWD-Daten sowie bestehender Messsysteme im Einzugsgebiet erfolgen. Sensoren erfassen bspw. kontinuierlich Niederschlagsdaten bzw. Wasserstände an charakteristischen Punkten im Einzugsgebiet und senden diese Informationen an das Vorhersagesystem. Dabei spielen Typ und Hersteller des Messsystems keine Rolle; es muss lediglich eine Fernübertragung der Messwerte per LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) o.ä. auf einen Server stattfinden, von dem die Daten durch das Vorhersagesystem abgeholt werden können. Werden definierte Grenzwerte überschritten, erfolgt eine Alarmierung mit der entsprechenden Warnstufe.

Ergänzend geht die Stufe 2 in Betrieb, indem hydronumerische Modelle des Vorhersagegebiets in das Frühwarnsystem implementiert werden. Hier sind N-A-Modelle, Flussmodelle und/oder Starkregenmodelle in das Frühwarnsystem integrierbar. In den Pilotgebieten kommt ein 2D-Modell zur Starkregensimulation zum Einsatz. Das 2D-Modell – in diesem Fall HydroAS (Hydrotec 2023) – wird dazu mit relevanten Randbedingungen (Vorfeuchte, Landnutzung, Bodentyp etc.) vorgehalten und mit Niederschlägen (Vorhersage oder aktuelle Messwerte) belastet. Eine wesentliche Herausforderung ist, die Simulationszeiten von HydroAS deutlich zu reduzieren. Dies soll im Rahmen eines FuE-Projektes durch Aspekte einer Parallelisierung, Vereinfachung der Lösungsgleichungen sowie Optimierung der Modellstruktur untersucht und umgesetzt werden.

Mit jedem Simulationslauf liegen für jeden Ort im Modellgebiet detaillierte Ergebnisse vor. Darauf basierend erfolgt eine kontinuierliche Abfrage/Prüfung an virtuellen Pegeln im Einzugsgebiet (den Risikopunkten) bzgl. der definierten Kriterien. Sollten diese überschritten sein, kommt es

zur automatischen Auslösung der Warntexte. Die Grundlage für die Ausgabe von Warnungen wird also um 2D-Modellergebnisse ergänzt. Außerdem können die Überflutungsflächen in einer interaktiven Karte ausgewertet werden und schließen so die Informationslücke zwischen reiner Niederschlagsvorhersage oder aktuellen Messwerten und statischen Starkregengefahrenkarten. Prinzipiell kann zusätzlich ein hydrologisches oder 1D-hydraulisches Flussmodell zur Abbildung der Gefahren durch fluviale Hochwasser integriert werden, falls sich im Einzugsgebiet solch eine Situation ergibt. Dieses Vorgehen ist langjährig erprobt und Basis der bisher von Hydrotec erstellten Vorhersagesysteme.

In Stufe 3 erhalten die Mitarbeitenden auf kommunaler Ebene zusätzlich die Möglichkeit, Ad-hoc-Maßnahmen auf ihre Wirksamkeit hin zu analysieren. So lässt sich vorab klären, an welcher Stelle z.B. ein Linienschutz oder ein initiiertes Deichbruch am sinnvollsten ist, um das Hochwasserrisiko zu verringern.

3 Verwendung der Vorhersageplattform Delft-FEWS

Die Softwareplattform Delft-FEWS (Deltares 2023) des niederländischen Forschungsinstituts Deltares erfüllt alle Voraussetzungen für die kommunale Starkregenvorhersage. Sie bietet eine Vielzahl an Funktionalitäten, die individuell auf eine gegebene Aufgabenstellung abgestimmt werden können. Eine internationale Nutzergemeinschaft sorgt dabei für die kontinuierliche Weiterentwicklung der lizenzkostenfreien Software, von der alle Nutzer*innen profitieren.

Mit Delft-FEWS können nahezu beliebige Datensätze abgerufen und verarbeitet werden. Für die kommunale Starkregenvorhersage werden insbesondere diese Datensätze verwendet:

- DWD-Vorhersagen und Messwerte (Radardaten, Stationsdaten)
- Andere frei zugängliche Datensätze, z.B. von Anbietern wie PegelOnline
- Messwerte von eigenen Niederschlagsschreibern und Gewässerpegeln
- Datensätze von Drittanbietern, die von den Kommunen beauftragt worden sind

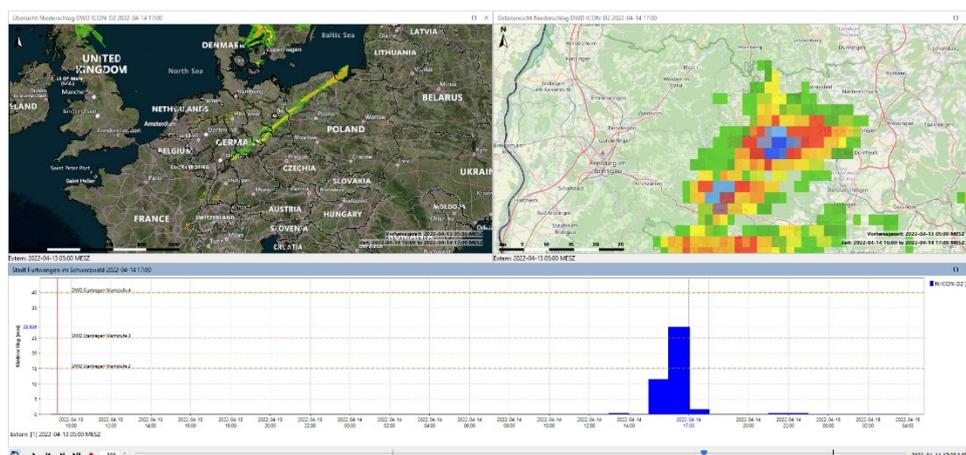


Abb. 2: Im Delft-FEWS-Dashboard lassen sich Vorhersage- und Modelldaten in Karten und Ganglinien kombiniert darstellen. (Quelle: Hydrotec)

Delft-FEWS stellt die erfassten Daten in einer Kartenübersicht bzw. als Ganglinien dar (s. Abb. 2). Anhand von Kriterien wie Niederschlagsintensität, Pegelstand etc. definiert die Kommune Warnstufen, zu denen Warnungen ausgegeben werden sollen.

Frei verfügbare Radardaten werden in dem kommunalen Vorhersagesystem kontinuierlich eingelesen und zusammen mit Daten aus Vorhersagen und lokalen Messnetzen ausgewertet.

Delft-FEWS gleicht die vorhergesagten/gemessenen Werte kontinuierlich mit den definierten Kriterien ab und versendet beim Überschreiten der Kriterien die festgelegte Warnmeldung.

Modellierungssoftware, wie das oben beschriebene 2D-Simulationsmodell, kann in Delft-FEWS integriert werden. Dadurch ist es möglich, aus den eingehenden Wetterdaten und Messwerten laufend mögliche Starkregenszenarien und die daraus folgenden Überschwemmungen zu berechnen. In den Kartendarstellungen können die Niederschläge schließlich mit den Überflutungsflächen überlagert und mit weiteren Informationen, wie etwa den WMS-Diensten einiger Starkregengefahrenkarten, gegenübergestellt werden.

4 Warnung per App und Analog

Bei Überschreitung bestimmter Grenzwerte von Niederschlagsmessungen, -prognosen und –ergänzend dazu – aus den simulierten Werten der Risikopunkte im 2D-Modell generiert das System Warnmeldungen. Diese lassen sich u. a. per Warn-App an die Bürgerinnen und Bürger verteilen, was eine einfache und breite Streuung der Information ermöglicht.

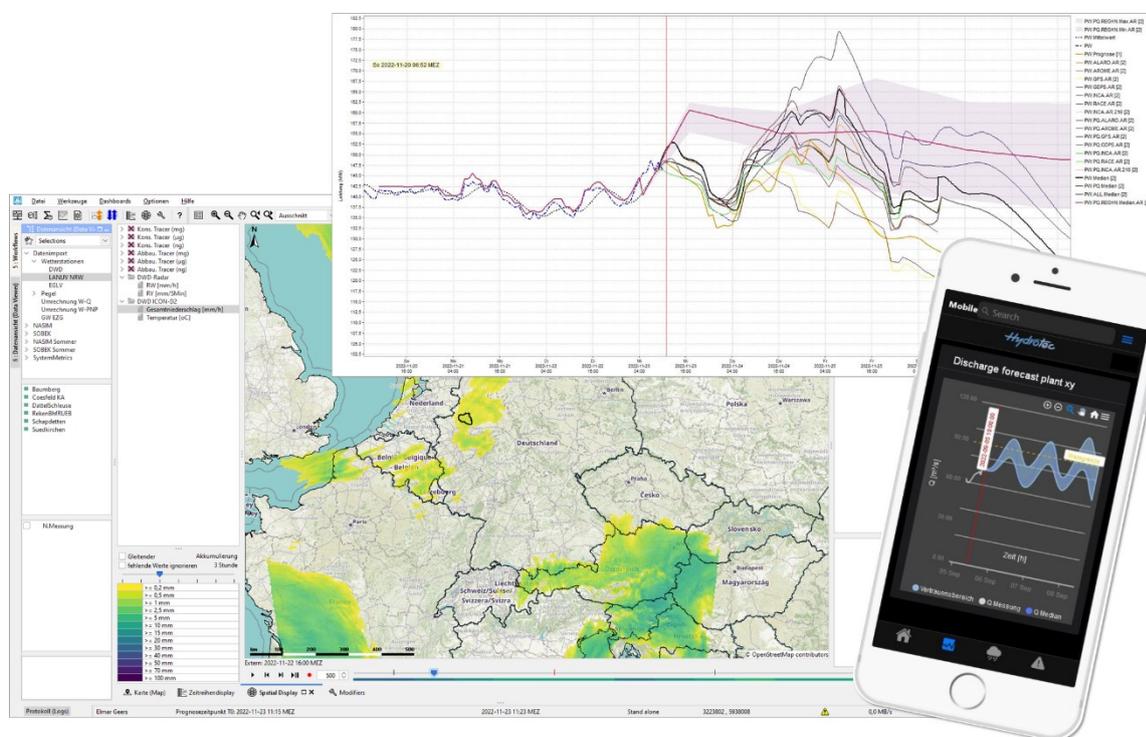


Abb. 3: Daten aus dem Vorhersagesystem sind am Rechner und per App darstellbar. (Quelle Hydrotec)

Möglich ist auch eine Übergabe der Warnmeldetexte an vorhandene Warnstrukturen. Zusätzlich kann die Kommune damit schnell Mitarbeitende und Einsatzkräfte informieren und ggf. analoge Warnsysteme wie Sirenen auslösen.

4.1 Dashboard bietet der Kommune Überblick

Auf einer internen Internetseite kann die Kommune die aktuellen Ergebnisse der Simulationsszenarien dynamisch abrufen und mit einem Dashboard visualisieren. Die Entwicklung einer prognostizierten Überflutung lässt sich darin sowohl räumlich als auch zeitlich nachverfolgen. Dadurch ist für Endnutzer*innen direkt ersichtlich, welcher Wasserstand etwa in einer Stunde,

während der Nacht oder am nächsten Tag zu erwarten ist. Zusätzlich werden die aktuellen und vorhergesagten Niederschläge sowie weitere, relevante Datensätze grafisch dargestellt.

4.2 Validierung und laufende Optimierung des Systems

Während des Aufbaus und der Implementierung wird das System mit synthetisch generierten Datensätzen validiert.

Zu einem späteren Zeitpunkt können die Daten zu abgelaufenen Hochwasserereignissen ausgewertet werden, um die Validierung des Vorhersagesystems zu aktualisieren. Dabei erfolgt ein Vergleich der DWD-Daten (getrennt für Vorhersagedaten und den dann über Radar gemessenen Daten) mit den Messdaten, um den Bedarf für eine Korrektur der DWD-Daten abzuschätzen.

Auf Grundlage der daraus gewonnenen Erfahrungen lassen sich die Kriterien für die Warnstufen sowie der Warnmeldetexte kontinuierlich anpassen, um schließlich ein optimal für die Kommune angepasstes Vorhersagesystem in Betrieb zu halten.

5 Ausblick: Breitere Nutzung des Systems für Umweltvorhersagen

Klimatische Wetterextreme werden bedingt durch den Klimawandel in der Zukunft zunehmen und damit wird auch der Bedarf für lokale Vorhersagen wachsen.

Das hier beschriebene Vorhersagesystem lässt sich nachhaltig einsetzen und leicht um weitere Themenbereiche ergänzen wie z. B.:

- Temperaturprognosen zum Umgang mit Hitzewellen
- Leistungsabschätzungen von Photovoltaikanlagen
- Windprognosen zur Vorbereitung auf Sturmereignisse / Tornados

Das System würde dadurch laufend in Betrieb sein, sodass seine Bedienung bei den lokalen Mitarbeitenden präsent bleibt. Letztlich ließe sich die Investition in ein Multi-Tasking-System auch politisch besser rechtfertigen und durchsetzen.

Literatur

Castro, D.; Frerichs, S.; Hatzfeld, F.; Mittelstädt, R.; Seltmann, J.; Einfalt, T.; Friedeheim, K.; Kubik, A.; Müller, M.; Wagner, A.(2008) : Vorhersage und Management von Sturzfluten in urbanen Gebieten (URBAS) / Aachen: Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH, Fachhochschule Aachen, FB Architektur ; Deutscher Wetterdienst ; Meteorologisches Institut Hohenpeißenberg, – Forschungsbericht (Förderkennzeichen 0330701C) im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung

Deltares; Delft-FEWS. <https://oss.deltares.nl/web/delft-fews/about-delft-fews> (zuletzt abgerufen am 31.01.2023)

Disse, M., Pakosch, S., Yörüç, A. (2007): Entwicklung eines Expertensystems zur Hochwasserfrühwarnung unter Berücksichtigung der Vorhersageunsicherheit, Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, 51, 5, 210-215.

DWD 2021: Bericht zum Ablauf und Umfang der operationellen Warn- und Beratungstätigkeit des Deutschen Wetterdienstes im Vorlauf und während des Unwetters 12. - 15. Juli 2021

in NRW und Rheinland-Pfalz, ausgelöst durch das Tief „Bernd“, Pressemitteilung des DWD vom 23.07.2021

GFZ 2023: RIMAX <https://www.gfz-potsdam.de/sektion/hydrologie/projekte/abgeschlossene-projekte/rimax> (abgerufen am 01.03.2023)

Hydrotec (2023): HydroAS - 2D-Strömungsmodell für die wasserwirtschaftliche Praxis, Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH, Aachen

Kind, C. et. al. (2019): Vorsorge gegen Starkregenereignisse und Maßnahmen zur wassersensiblen Stadtentwicklung – Analyse des Standes der Starkregenvorsorge in Deutschland und Ableitung zukünftigen Handlungsbedarfs, UBA Texte 55/2029, Umweltbundesamt, 2019.

Anschrift der Verfasser

Prof. Dr.-Ing. Alpaslan Yörük,
Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes,
Wasserbau und Wasserwirtschaft
Goebenstraße 40, D-66117 Saarbrücken
alpaslan.yoeruek@htwsaar.de

Hendrik Burkamp
Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH
Bachstraße 62.64, D-52066 Aachen
hendrik.burkamp@hydrotec.de

Volker Mißler
Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes,
Wasserbau und Wasserwirtschaft
Goebenstraße 40, D-66117 Saarbrücken
volker.missler@htwsaar.de

Dr.-Ing. Oliver Buchholz
Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH
Bachstraße 62.64, D-52066 Aachen
oliver.buchholz@hydrotec.de

