



iBATHWATER

Fortschrittliche urbane Wasserwirtschaft zur
Sicherung der Badegewässerqualität

LAYMAN-BERICHT



PROJEKTDATEN



Standorte

Barcelona

Berlin



Referenz: **LIFE17 ENV/ES/000396**



Dauer: **1/9/2018 - 30/9/2022**



Budget: **2.274.164 €**

(Beitrag der Europäischen Union: 1.364.497 €, 60%)

Kontakt

Wolfgang Seis (KWB)
wolfgang.seis@kompetenz-wasser.de
<https://www.ibathwater.eu/>
@iBATHWATER_EU



BETEILIGTE INSTITUTIONEN UND UNTERNEHMEN

Koordinator



Fundació Eurecat

Partner



Adasa Sistemas



Ajuntament de Barcelona
Barcelona Cicle de l'Aigua, S.A.

Barcelona
Cicle de
l'Aigua SA



Kompetenzzentrum
Wasser Berlin

WARUM LIFE IBATHWATER

Intelligente Nutzung des städtischen Entwässerungs- und Abwassernetzes

Das städtische Entwässerungs- und Kanalisationssystem hat die Funktion, städtische Abwässer, Regenwasser und das sich an der Oberfläche anfallende Wasser zu sammeln und abzuleiten. Wenn es sich um ein Mischsystem handelt, wird all dieses Wasser durch dieselben Rohre geleitet. Sobald das Wasser die Kläranlagen erreicht, wird es behandelt, um Schwebstoffe und Schadstoffbelastung zu entfernen, und dann in die natürliche Umwelt (Flüsse, Seen und Küstengebiete) zurückgeführt. Die nachhaltige Bewirtschaftung dieser Kläranlagen trägt dazu bei, den anthropogenen Wasserkreislauf zu schließen, die öffentliche Gesundheit zu sichern und die Verschmutzung der Umwelt zu reduzieren.

Bei starken oder lang anhaltenden Regenfällen kann das Wasservolumen die Aufnahmekapazität der Kanalisation oder der Kläranlagen übersteigen, so dass das Wasser ohne Behandlung direkt abgeleitet wird („Mischwasserüberlauf“). Dieses Mischwasser wirkt sich negativ auf die Wasser-Ökosysteme und deren physikalisch-chemische und mikrobiologische Qualität sowie auf die Badegewässer und die öffentliche Gesundheit aus, da die meisten Strände, Flüsse und Seen häufig auch Erholungsgebiete sind.



Abb. 1 - Bei starken Regenfällen kann das Wasservolumen die Kapazität der Abwasserkanalisation übersteigen und wird dann ohne jegliche Behandlung direkt in die natürliche Umwelt abgeleitet.



iBATHWATER ist ein groß angelegtes Demonstrationsprojekt für ein neues integriertes System des Abwasser- und Badegewässermanagements. Es wird erwartet, dass seine Umsetzung die Auswirkungen der Einleitung von unbehandeltem städtischem Mischwasser auf die natürliche Umwelt verringert und so die Qualität der Badegewässer während und nach starken Regenfällen verbessert. Die vorgeschlagenen Innovationen wurden in Barcelona und Berlin umgesetzt. Mit diesen Systemen können Risiken aus Mischwasserüberläufen vorhergesehen und der Gesundheitsschutz der Bevölkerung gestärkt werden.

DIE ZIELE VON IBATHWATER

Die Auswirkungen von Mischwasser auf die natürliche Umwelt und die Gesundheit

Die Hauptziele des iBATHWATER-Projekts waren:

- Minimierung der Gesundheitsrisiken für Badegäste hinsichtlich der Wasserqualität in Erholungsgebieten.
- Verringerung der Anzahl und des Volumens von Mischwasserüberläufen bei starken Regenfällen.
- Reduzierung der Menge an aufschwimmenden Feststoffen und Abfällen, die bei starken Regenfällen ins Meer gelangen.

Um dies zu erreichen...

- wurde ein betriebliches Entscheidungsunterstützungssystem sowohl für Badegebiete als auch für die städtische Entwässerungsinfrastruktur entwickelt,
- wurden verschiedene mikrobiologische Parameter kontinuierlich und in Echtzeit überwacht (aquaBio-Technologie),
- wurde die Wasserqualität von Bade- und Erholungsgebieten auf der Grundlage der bei der Echtzeit- und Dauerüberwachung eingeführten neuen Parameter modelliert (einschließlich der in der europäischen Badegewässerrichtlinie festgelegten Indikatoren),
- wurden Datenharmonisierung, Interoperabilität und offene Standards ermöglicht, um die Replizierbarkeit und Übertragbarkeit auf andere Städte und Gebiete zu fördern.

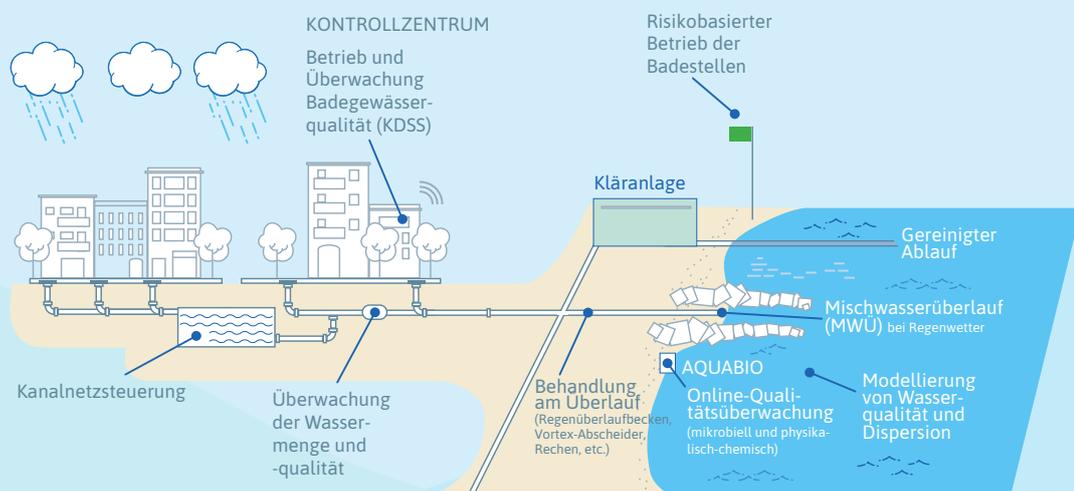


Abb. 2 - Elemente der iBATHWATER-Lösung

BEITRÄGE UND ERGEBNISSE DES PROJEKTS

1 AquaBio-Technologie zur Minimierung von Gesundheitsrisiken im Zusammenhang mit der Qualität von Badegewässern

AquaBio ist ein **Messgerät, das mikrobiologische Parameter, die auf eine fäkale Verunreinigung hinweisen**, durch gleichzeitige Messung von *Escherichia coli* und Gesamtcoliformen und Enterokokken bestimmt und zwar kontinuierlich, automatisch und mit geringem Wartungsaufwand. Es warnt vor dem Gesundheitsrisiko der Gewässer in der natürlichen Umgebung, in die das Regenwasser eingeleitet wird.

Die **verwendete Analysemethode** basiert auf dem Abbau eines bestimmten Substrats und auf einem kolorimetrischen und/oder fluorimetrischen Nachweis zur Quantifizierung der Konzentration dieser Mikroorganismen. AquaBio liefert je nach Konzentration quantitative Werte innerhalb von 4 bis 10 Stunden nach der automatischen Probenahme.

Um die ETV-Zertifizierung (*Environmental Technology Verification*) zu erhalten, wurde ein Verifizierungsverfahren für aquaBio-Geräte durchgeführt. Dabei handelt es sich um eine Initiative der Europäischen Kommission, die darin besteht, die Funktionsweise einer Umwelttechnologie durch qualifizierte Dritte auf der Grundlage der Daten zu überprüfen und zu validieren, die nach Anwendung zuvor festgelegter Protokolle gewonnen wurden.



Abb. 3 - Messgerät aquaBio





Abb. 4 - Anlage, in der die Wasserqualität des Strandes Somorrostro in Barcelona mit aquaBio-Geräten gemessen wird.

In Barcelona wurde das aquaBio-Gerät an zwei Stränden installiert, um Informationen über die Qualität des Meerwassers zu **sammeln**: Nova Icària und Somorrostro. Diese Informationen sind für das Strandmanagement relevant - insbesondere angesichts der Auswirkungen des Klimawandels, da die

Erholungssaison nun das ganze Jahr über dauert - und sollten dazu beitragen, das Vertrauen der Nutzer zu stärken.

Episoden schlechter Qualität sind eng mit Regenfällen einer bestimmten Intensität verbunden. Aus diesem Grund verfügt aquaBio über einen **Betriebsmodus, der die Entwicklung der Kontamination überwacht**. Anhand der gewonnenen Daten können die verantwortlichen Personen beobachten, wie sich die Qualität der Badegewässer nach Regenfällen erholt, und die Entscheidungsfindung unterstützen. Auf diese Weise muss der Strand nicht unnötig lange geschlossen werden und es werden die damit verbundenen sozioökonomischen Auswirkungen auf die umliegenden Aktivitäten vermieden.



21-24 sept 2021

29-30 sept 2021

3-6 okt 2021

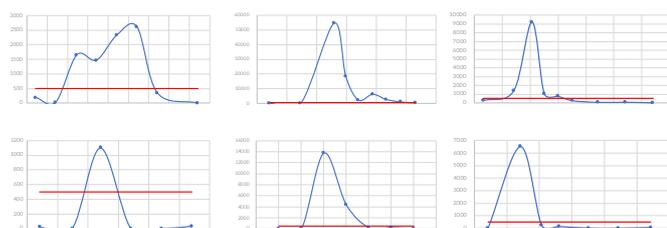


Abb. 5 - Überwachung dreier Vorkommnisse von unbehandelten Abwassereinleitungen während starker Regenfälle an den Stränden von Nova Icària und Somorrostro in Barcelona.

Die rote Linie entspricht dem maximalen E. coli-Wert, der für eine gute Qualitätseinstufung zulässig ist.



Abb. 6 - Installation am Flussbad zur Messung der Wasserqualität im Spreekanal.

In Berlin wurde aquaBio an drei Stellen entlang des die Stadt durchquerenden Flusses installiert. Die Ergebnisse deuten übereinstimmend auf einen Anstieg der fäkalen Verschmutzung nach Überläufen des Abwassersystems bei starken Regenfällen hin. Aus den Ergebnissen über die Dauer des gesamten Projekts kann bestätigt werden, dass dieses Gerät in der Lage ist, Verschmutzungen, die

durch diese Art von Einleitung verursacht werden, zuverlässig zu erkennen.

Die Technologie ist durch Vergleich der Messungen des Geräts mit herkömmlichen Analysen in akkreditierten Labors validiert worden. Es wurde ein hohes Maß an Übereinstimmung zwischen den beiden Ergebnissen festgestellt, was durch die kontinuierliche Verbesserung und Kalibrierung mit Flusswasser ermöglicht wurde.

Speziell für Berlin wurde auch ein Entscheidungsunterstützungssystem zur Verbesserung der Informationen hinsichtlich der Badegewässerqualität entwickelt. Es zeichnet nicht nur die täglichen Messwerte der aquaBio-Geräte auf und gibt Alarm, wenn eine Verschlechterung festgestellt wird, sondern schlägt je nach Art des Alarms verschiedene Maßnahmen vor, ermittelt das Risikoniveau für das Baden und gibt Empfehlungen für die Benutzer.

Meilensteine des iBATHWATER-Projekts in Bezug auf die aquaBio-Technologie

- Entwicklung einer Technologie zur Messung von intestinalen Enterokokken sowie für Salzwasser-Matrizen für *E. coli* und Enterokokken.
- Installation von jeweils 4 Geräten in Barcelona und Berlin, mit denen täglich Messungen der mikrobiellen Qualität von Badegewässern durchgeführt wurden.
- Programmierung eines neuen Betriebsmodus, der bei starken Regenfällen aktiviert wird, die zu einem Überlauf von unbehandeltem Regenwasser führen. Er ermöglicht kontinuierliche Messungen und damit die Kenntnis des genauen Zeitpunkts, an dem das Badegewässer wieder eine angemessene Qualität gemäß den in der europäischen Badegewässerrichtlinie angegebenen Grenzwerten erreicht.
- Nachweis, dass die aquaBio-Technologie Verschmutzungen in Badegewässern zuverlässig erkennt, mit einer Zeitersparnis von mindestens 60 % im Vergleich zur herkömmlichen Überwachung der Wasserqualität.

2 MOLIBATH, Stadtentwässerungsmanagement-Tool für eine bessere Überwachung der Badewasserqualität in Barcelona

Im Rahmen von iBATHWATER wurde auch ein Tool entwickelt, um die bakteriologische Qualität der Badegewässer an den Stränden Barcelonas mit Hilfe von numerischen Modellen in Echtzeit vorherzusagen: Molibath. Diese Modelle ermöglichen es, die Entwicklung der Verschmutzung in weniger als einer Stunde nach einem unbehandelten Regenwasserüberlauf aus der Kanalisation vorherzusagen und sie mit anderen Probenahme-kampagnen zu kalibrieren.

Die Eingabe für das hydraulische Modell von MoHiBa ist die in den 24 Regenschmessern der Stadt gesammelte Niederschlagsmenge. Das Küstenmodell MoLiBa hingegen berechnet die Ausbreitung der Verschmutzung nach einem Überlauf, d. h. die bakteriologische Konzentration (*E. coli* und Enterokokken) an jedem Punkt der Küstenlinie, basierend auf den Bedingungen der maritimen Hydrodynamik und der Entwicklung von Wellen und Strömungen.

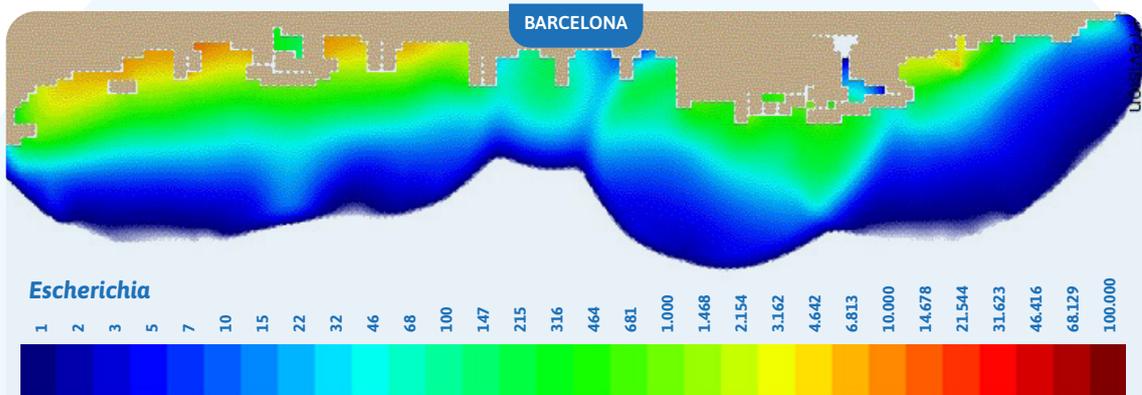


Abb. 7 – Simulation der Wasserqualität mit dem Molibath-Tool.

Meilensteine des iBATHWATER-Projekts mit Molibath-Technologie

- Kontinuierliche Echtzeitüberwachung der Badegewässerqualität mit den in die Molibath-Plattform integrierten Open-Source-Modellen.
- Entwicklung eines Instruments, das die Entscheidungsfindung hinsichtlich der Badegewässerqualität verbessert, da es den genauen Zeitpunkt bestimmt, ab dem die Qualität unter den gesetzlichen Grenzwerten liegt.
- Mit diesem Tool können die Badegäste über eine gute Badegewässerqualität informiert werden, noch bevor die Analyseergebnisse des Labors vorliegen.

3 Bestimmung des mikrobiologischen Gesundheitsrisikos für ein optimales Management der Badegewässerqualität in Barcelona

Im Rahmen des iBATHWATER-Projekts wurde ein **neues Modell zur Risikobewertung** entwickelt, das einerseits auf der Bestimmung von pathogenen Mikroorganismen an den Stränden von Barcelona basiert, die während der Probenahmekampagnen durchgeführt wurden, und andererseits auf den Messungen von *E.coli* und Enterokokken, die von den aquaBio-Teams während des Projekts vorgenommen wurden.

Zur Berechnung dieses Risikos wurden **Referenzmikroorganismen ausgewählt, die bekanntermaßen Gastroenteritis oder Atemwegserkrankungen verursachen**: *Campylobacter*-Bakterien, das Protozoon *Cryptosporidium* und die Viren Norovirus und Adenovirus. Während der SARS-CoV-2-Pandemie wurde auch dieses Virus in Wasserproben analysiert, die während der Kampagnen gesammelt wurden.

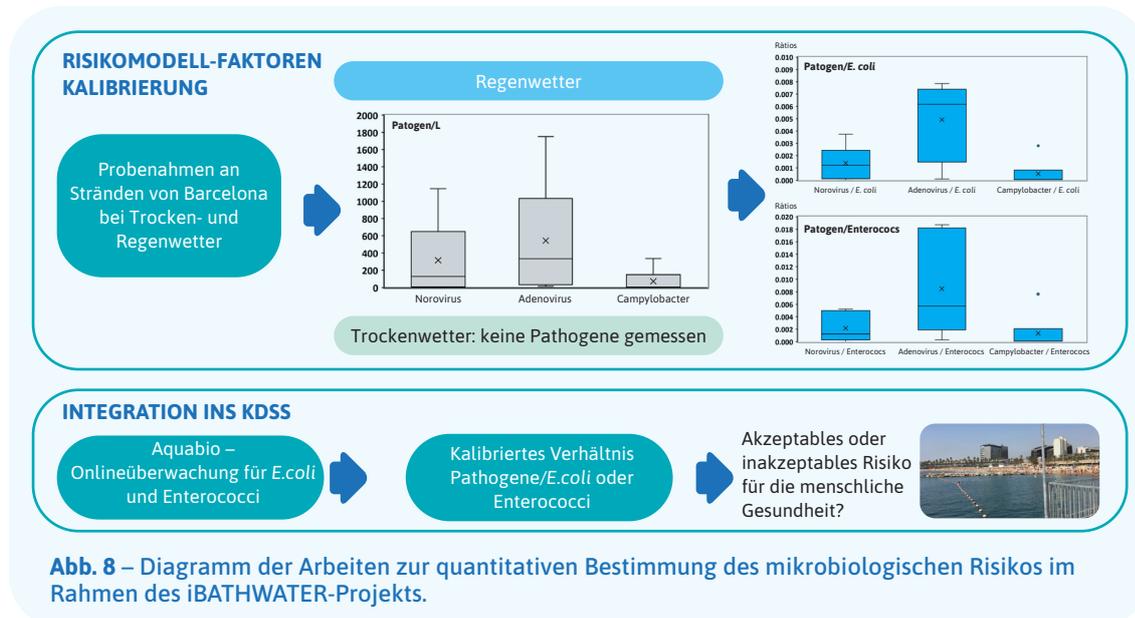


Abb. 8 – Diagramm der Arbeiten zur quantitativen Bestimmung des mikrobiologischen Risikos im Rahmen des iBATHWATER-Projekts.





iBATHWATER



Meilensteine des iBATHWATER-Projekts in Bezug auf das mikrobiologische Gesundheitsrisiko

- Analyse von Referenzergern an verschiedenen Stellen an den Stränden von Barcelona bei trockenem und regnerischem Wetter. Bei trockenem Wetter (außerhalb der Regenzeiten, die zu Kanalisationsüberläufen führen) wurden keine Krankheitserreger nachgewiesen, während bei Regenfällen drei Erreger gefunden wurden (Norovirus, Adenovirus und *Campylobacter*), aus denen das Risikomodell entwickelt wurde.
- Kalibrierung des Verhältnisses Erreger/*E.coli* und Erreger/Enterokokken.
- Integration des Risikomodells in ein Entscheidungshilfesystem (KDSS) auf der Grundlage der vom aquaBio-Gerät zur Verfügung gestellten kalibrierten Kennziffern und Maßnahmen.
- Weitere Analyse von SARS-CoV-2. Das Virus wurde bei keiner der Probenahmekampagnen am Strand nachgewiesen, aber bei zwei Regenfällen im April und August 2022 wurde es im Abwassersystem nachgewiesen.

4 Bewertung von Kanalnetz- Bewirtschaftungsstrategien zur Verbesserung der Badegewässerqualität in Berlin

Im Fall von Berlin wurden auch zwei andere Strategien zur Kanalnetzbewirtschaftung bewertet, um das Volumen der Abwasserüberläufe zu reduzieren und die Qualität der Badegewässer zu verbessern, bei gleichzeitiger Bewertung der ökologischen und wirtschaftlichen Nachhaltigkeit. Die Simulation konzentrierte sich auf ein Flussgebiet im Stadtzentrum, den Spreekanal.

Die erste Strategie besteht in der Aktivierung eines zusätzlichen Speichervolumens, indem ein mobiles Schlitzwehr vor der Überlaufstelle errichtet wird. Die zweite Strategie

umfasst den Einsatz einer Bypass-Leitung, um das Abwasser zu sammeln bevor es in das Badegebiet gelangt und es dann flussabwärts wieder einzuleiten. Diese beiden Szenarien wurden für die Badesaison 2016 (durchschnittliche Regenfälle) und 2017 (extrem starke Regenfälle) simuliert.

Die Simulationsergebnisse zeigen eine Reduzierung der eingeleiteten Abwassermenge um ca. 80 % für 2016 und um ca. 32 % für 2017 durch die Aktivierung des zusätzlichen Speichervolumens.



Für eine sichere Bewirtschaftung der Badegebiete erfordert die Strategie der Stauraumaktivierung eine kontinuierliche Überwachung der mikrobiologischen Wasserqualität und eine frühzeitige Vorhersage möglicher Überlaufereignisse. Dies kann durch die Implementierung der iBATHWATER-Lösung erreicht werden: aquaBio-Geräte für die schnelle Überwachung der Wasserqualität, Multiparameter-Sonden für die Erkennung von Verschmutzungsepisoden und ein Vorhersagemodell für Überlaufereignisse.

Die Nachhaltigkeitsbewertung zeigt, dass die iBATHWATER-Lösung ökologisch und wirtschaftlich nachhaltiger ist als der Bau großer Infrastrukturen, wie z. B. der Bypass-Leitung. Die letztgenannte Option ist auch teurer (+57 %) und hat höhere Umweltauswirkungen (6-mal höherer CO₂-Fußabdruck) als die Nutzung eines intelligenten Managements der bestehenden Infrastrukturen und die Anwendung fortschrittlicher Optionen zur Überwachung der Wasserqualität.



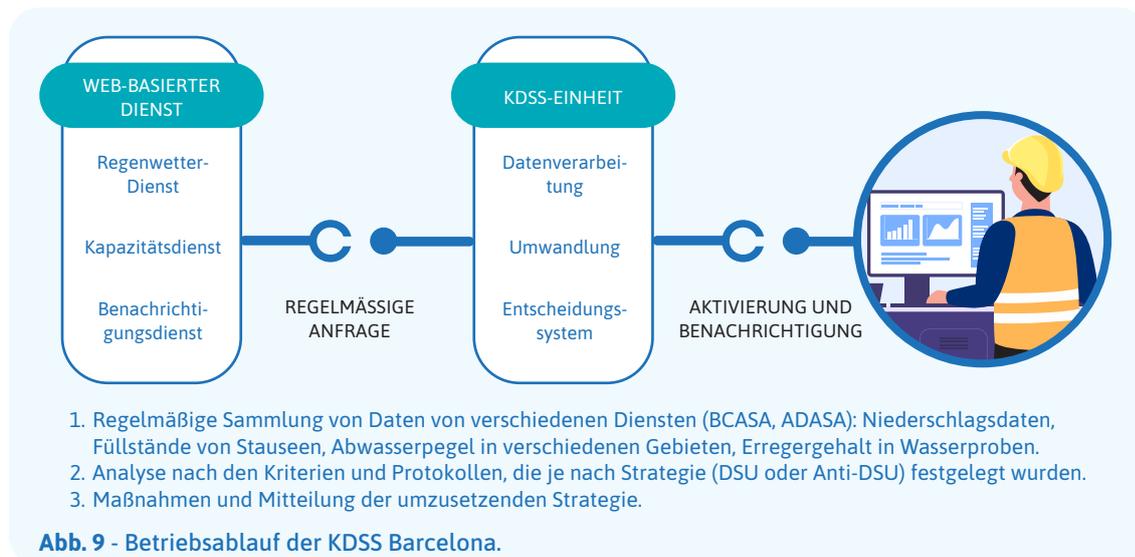
Meilensteine des iBATHWATER-Projekts in Bezug auf das mikrobiologische Gesundheitsrisiko

- Simulation von zwei verschiedenen Strategien der Kanalnetzbewirtschaftung in Berlin.
- Die erste Strategie der Aktivierung von zusätzlichem Speichervolumen mit einem Schlitzwehr erreicht eine Verringerung des eingeleiteten Abwasservolumens zwischen 30-80 %.
- Die zweite Strategie mit Bau einer Bypass-Leitung reduziert zwar die Gesamtmenge des in die Badegebiete eingeleiteten Wassers, hat aber weitaus größere wirtschaftliche und ökologische Auswirkungen als der Einsatz neuer Technologien, die auf einer kontinuierlichen Qualitätsüberwachung basieren.

5 Entscheidungsunterstützungssystem (KDSS) zur Reduzierung der Anzahl und des Volumens von Abwassereinleitungen bei Regen in Barcelona

Die Hauptziele des im Rahmen des Projekts entwickelten Entscheidungsunterstützungssystems (Decision Support System, KDSS) sind die Empfehlung der effizientesten Strategie für die Bewirtschaftung der städtischen Kanalisation und die Bewertung des Risikos, das durch das Vorhandensein von Krankheitserregern in Badegebieten entsteht.

Im Fall von Barcelona wird dieses Management durch die Regulierung der Wassermenge in den Regenwassertanks der Stadt durchgeführt. Diese Reservoirs können mit unterschiedlichen Zielen betrieben werden: um Überschwemmungen in städtischen Gebieten zu verhindern oder um die Einleitung von ungeklärten Abwässern in die natürliche Umwelt zu reduzieren. Die Verwaltung erfolgt über die von KDSS definierten Protokolle: als DSU (Discharge System Unit) oder als Anti-DSU.



Meilensteine des iBATHWATER-Projekts in Bezug auf das KDSS-System

- Reduzierung des jährlichen Volumens von unbehandelten Regenwasserüberläufen in die Umwelt um 30 %.
- Reduzierung der Schadstoffbelastung, die bei Regen in die Umwelt gelangt, um 25 %.
- 3- bis 12,5-fach geringere ökologische und wirtschaftliche Auswirkungen durch den Einsatz der digitalen Plattform iBATHWATER (KDSS) anstelle des Baus zusätzlicher Tanks für eine Verringerung des Überlaufvolumens um 30 %.

6 Rückhalteelemente für grobe Feststoffe und Schwimmstoffe in Barcelona

Um die Menge an schwimmenden Feststoffen und Abfällen, die bei starken Regenfällen ins Meer gelangen, zu reduzieren, hat iBATHWATER an den Überlaufstellen der Strände Barcelonas Abfallrückhaltesysteme

installiert. Das System besteht aus einer kippbaren Metallstruktur mit verschiedenen Haken, die einen großen Teil der unerwünschten Abfälle, die im Abwassersystem zirkulieren, zurückhalten können.

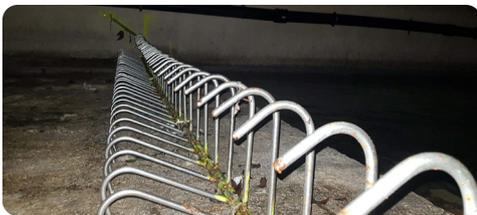


Abb. 10 - Rückhaltesysteme für Grobstoffe in Mischwasserüberläufen.

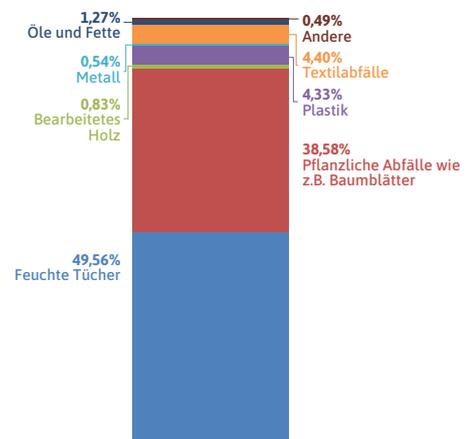


Abb. 11 - Charakterisierung der Abfälle, die in den Rückhaltgittern am Hafen von Barcelona bei Überläufen der Kanalisation gesammelt werden.

Meilensteine des iBATHWATER-Projekts in Bezug auf die Rückhaltung von Treibgut

- Installation von Abfallrückhaltesystemen an allen Überlaufstellen am Strand von Barcelona (vor dem Projekt waren nur 2 der 4 Überlaufstellen mit diesem System ausgestattet).
- Installation von 49,5 laufenden Metern Abfallrückhaltesystemen mit einer Gesamtabdeckung von 147 m.
- Sammlung von mehr als 230 m³ Abfall im Jahr 2021.
- Fast 50 % des an den Stränden gesammelten Abfalls sind Feuchttücher.
- Die Ergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit weiterer Sensibilisierungskampagnen für die richtige Verwendung von Feuchttüchern.

Die Auswirkungen der Projektergebnisse auf die Umweltpolitik auf europäischer Ebene

Die im Rahmen des iBATHWATER-Projekts erzielten Ergebnisse sind relevant und sollten bei der Überarbeitung bestehender und/oder dem Vorschlag neuer Umweltvorschriften im Rahmen der Europäischen Union berücksichtigt werden. So zum Beispiel die Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG), die Badegewässerrichtlinie (2006/7/EG) und die Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Abwasser (91/271/EWG).

Einige der Ergebnisse mit Auswirkungen auf die Gesetzgebung lauten wie folgt:

- aquaBio-Geräte liefern quantitative Werte für die mikrobiologische Qualität von Badegewässern, die mit den Laborergebnissen unter Verwendung akkreditierter Quantifizierungsmethoden übereinstimmen.

Außerdem liefern sie das ganze Jahr über täglich Informationen, fast in Echtzeit (maximal 10-12 Stunden für Süß- und Salzwasser), so dass die Öffentlichkeit häufiger informiert werden kann. Mit anderen Worten: es überwacht die Wasserqualität innerhalb kurzer Verschmutzungsereignisse und liefert daher schnellere Informationen über die zu erwartende Zeit für die Wiederherstellung der guten Wasserqualität.

- Die in beiden Städten entwickelten Modelle zur Ausbreitung der Verschmutzung liefern zusammen mit den Informationen aus den aquaBio-Geräten Vorhersagen über die mikrobielle Qualität in höherer räumlicher Auflösung.
- Die Entwicklung und Implementierung eines Entscheidungsunterstützungssystems für das Management des Abwassersystems in einer Stadt wie Barcelona hat das Potenzial, das Volumen der Einleitungen um 20-30 % zu reduzieren.
- Die gleichzeitige Messung von Referenzpathogenen und Indikatoren im Rahmen der Badegewässerrichtlinie ermöglicht die Festlegung neuer Qualitätsziele auf der Grundlage einer Bewertung der Risiken für die Gesundheit der Menschen.
- Die im Rahmen des Projekts entwickelten digitalen Tools unterstützen die integrierte Verwaltung des Kanalisations- und Badegewässersystems.



iBATHWATER

