



# „MIC-Performance-Test“

Prüfverfahren mit mikrobiell induzierter Schwefelsäurekorrosion (MIC) zur Beurteilung der Beständigkeit von Bauprodukten in abwassertechnischen Anlagen

**Prüfverfahren im Technikumsmaßstab zur Beurteilung der Beständigkeit von Bauprodukten unter realen und besonders kritischen Bedingungen in abwassertechnischen Anlagen (Biogene Schwefelsäurekorrosion, BSK)**

## HINTERGRUND

Ungefähr ein Fünftel des insgesamt ca. 575.000 km langen öffentlichen Kanalnetzes in Deutschland weist Schäden auf, die kurz- bis mittelfristig instand zu setzen sind. Eine Vielzahl von Schäden sind auf die biogene Schwefelsäurekorrosion (BSK) mit einem kombinierten chemisch-biologischen Angriff zurückzuführen. Der Auswahl geeigneter Bauprodukte, in Abhängigkeit von den jeweiligen Beanspruchungsszenarien, kommt hierbei eine besonders große Bedeutung zu. Oft kommen deskriptive Baustoffmodelle an ihre Grenzen, dieses trifft besonders auf Projekte zu, bei denen die Leistungsfähigkeit der Produkte prüftechnisch für maximale Beanspruchungsszenarien und für Lebenserwartungen von bis zu 100 Jahren nachgewiesen werden muss.

Die folgenden Abbildungen zeigen Schädigungen an einer Auswahl von Bauprodukten, die bei Simulation abwassertechnischer Beanspruchungen im Labor zu beobachten sind.

A



Beispiele für die Korrosion von Betonen bei Einlagerung in Schwefelsäure: Bei Verwendung von unlöslicher Gesteinskörnung erfolgt der Abtrag ausschließlich über den Zementstein (s. A + B). C zeigt Beispiele bei UHPCs (hier pH: 2,5).

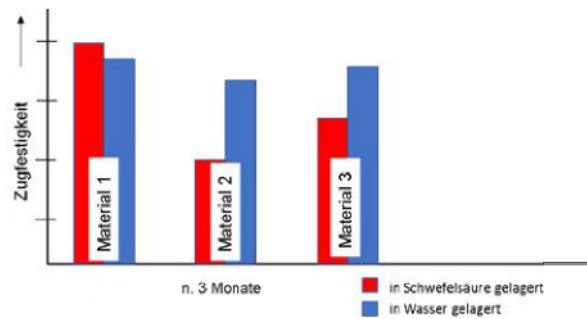
B



C



Beispiele für Korrosionseffekte bei der Einlagerung von Polymeren in Schwefelsäure: die Zugfestigkeit des Materials ist ein wesentlicher Indikator des Korrosionsprozesses, weiterhin kann es zu einer Versprödung mit Abblättern der Beschichtung kommen (hier pH: 1)



Die Bewertung der Widerstands- sowie Leistungsfähigkeit und Dauerhaftigkeit der einzusetzenden Bauprodukte gegenüber der oben genannten Beanspruchung im Bereich der BSK kann über eine Vielzahl von Prüfverfahren erfolgen. Oft werden Langzeitversuche bzw. Zeitrafferversuche in Schwefelsäure mit unterschiedlichen pH-Werten und Beanspruchungsszenarien herangezogen. Diese Prüfungen sind zum Teil normativ geregelt. Die Bewertungskriterien werden in Abhängigkeit vom Material und dem jeweiligen Testprozedere festgelegt.

So wurde u. a. unser „MPA-Performance-Test“ im Emscher-Projekt, dem größten Bauprojekt für abwassertechnische Anlagen in Europa im vergangenen Jahrzehnt (geplante Lebensdauer: 120 Jahre), zur realitätsnahen Bewertung der Betone herangezogen. Dieses bewährte Verfahren wurde später jedoch auch in vielen ähnlichen Bauprojekten und Anwendungen im abwassertechnischen Bereich eingesetzt. In diesem Zusammenhang werden auch probabilistische Lebensdauermodelle entwickelt.

# EINE NEUE MÖGLICHKEIT: Der „MIC-Performance-Test“

## Allgemeines

---

Der „MIC-Performance-Test“ (zum Projektstart als „ODOCO-PILOTANLAGE“ bezeichnet) bietet die Möglichkeit der Prüfung mit realem Abwasser unter kontrollierten Bedingungen im Technikumsmaßstab. Die Anlage befindet sich in einem ehemaligen Pumpwerk der Berliner Wasserbetriebe. Neben den im Fokus stehenden Untersuchungen zu den Materialbeständigkeiten und damit verbundener Qualifizierung des Biofilms unter abwassertechnischen Beanspruchungsszenarien, werden auch Untersuchungen zur Vermeidung von Geruchsbelastungen an dieser Anlage durchgeführt. Die Anlage befindet sich seit April 2010 im Dauerbetrieb und kann an spezifische Versuchsbedingungen

angepasst werden. Die Anlage wurde in den vergangenen Monaten modernisiert und in der Anwendung erweitert.

Der „MIC-Performance-Test“ wird derzeit bereits für die Bewertung von Bauprodukten in Großprojekten eingesetzt (wie beim Deep Tunnel Sewerage System DTSS II, Singapur), aber auch Institutionen, wie die Berliner Wasserbetriebe ziehen die Ergebnisse als Bewertungskriterium für den Einsatz ihrer Materialien heran.

## Die Vorteile des „MIC-Performance-Tests“

---

Mithilfe des „MIC-Performance-Tests“ können wir eine aussagekräftige Vorhersage für die Lebensdauer von Baustoffen treffen. Damit können Instandsetzungsarbeiten langfristig zuverlässig geplant und Ausfallkosten reduziert werden. Gegenüber anderen Prüfverfahren bietet der „MIC-Performance-Test“ folgende Vorteile:

- Es erfolgt eine Prüfung unter Quasi-Realbedingungen im Technikumsmaßstab, wobei die Daten (über z. B. die „Treiber“ der schädigenden BSK, wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit, H<sub>2</sub>S-Gehalt) durch ein umfangreiches Monitoring registriert und kontrolliert werden.

- Die mikrobiell induzierte Schwefelsäurekorrosion (MIC) kann materialspezifisch andere Ergebnisse, als Simulationsversuche mit Einlagerung in Säurebädern ergeben. Die Interaktion zwischen den Mikroorganismen und dem Baustoff, die das Bakterienwachstum und den Schädigungsgrad beeinflusst, wird unter realen Bedingungen getestet.

- Die Temperatur, Luftfeuchtigkeit und H<sub>2</sub>S-Konzentration sind so einstellbar, dass unterschiedliche Angriffsgrade (Zeitraffereffekte) nachgestellt werden können.

## Wie funktioniert der „MIC-Performance-Test“?

---

Reales Berliner Abwasser wird aus dem Kanalnetz kontinuierlich heraufgepumpt und über Wärmetauscher auf ca. 30°C aufgeheizt. Mittels Überlaufsystem wird das Abwasser anschließend über einen 200 m langen Fermenter geleitet. Anschließend wird das Abwasser über mehrere Freigefälleleitungen (jeweils 25 m, DN 400) in einen Reaktortank mit Probenaufnahmen (Probenvorratsbehälter) gepumpt. Hier wird das Abwasser kaskadenartig herabgeführt und dadurch gefördert H<sub>2</sub>S aus dem Abwasser ausgetrieben (siehe Abbildung 5).

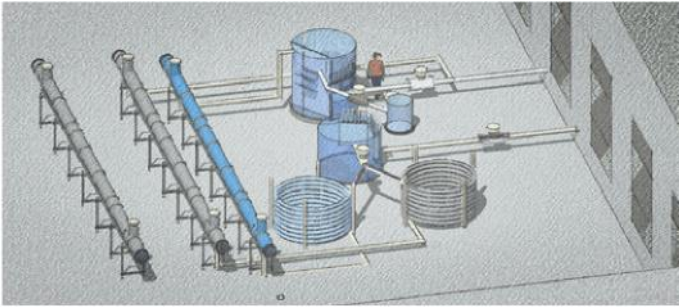
In dem Probenvorratsbehälter liegen im Gasraum somit ideale Bedingungen zur Bildung von Schwefelsäure auf den Oberflächen der Proben vor. Das Wachstum relevanter Bakterienkulturen wird durch diesen Aufbau gezielt gesteuert und entspricht kritischen Beanspruchungsszenarien der Praxis. In der Anlage können Proben jeglicher Art eingelagert werden, auch der Einbau ganzer Rohrsegmente in das Leitungssystem ist möglich.

Die Anlage ist für die ersten Projekte so eingestellt, dass bei ca. 30°C / 100 % relativer Luftfeuchtigkeit konstante H<sub>2</sub>S-Konzentrationen von 100 ppm in der Gasphase sichergestellt werden. Zusätzlich werden der pH-Wert der Oberflächen der Proben, die Temperatur und der Biofilm analysiert. Alle relevanten Parameter des Abwassers, wie CSB-Wert (sensorisch über die UV-Absorption), Redoxpotential, Leitfähigkeit, H<sub>2</sub>S-Konzentration und pH-Wert werden durch Sensoren mittels Online-Monitoring überwacht.

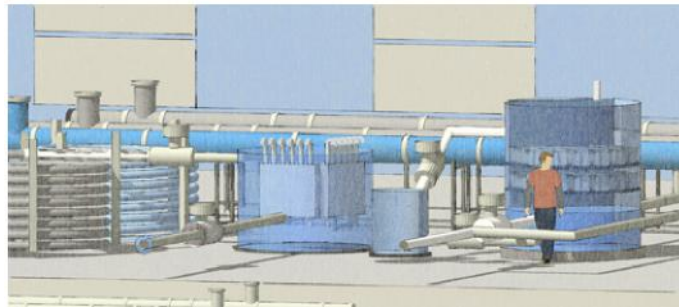
Die Haltezeit im Fermenter, die Durchflussrate, die Strömungsbedingungen und die Belüftung werden über eine aufwendige Pumpentechnik bzw. andere Steuerungsmechanismen automatisiert gesteuert. Das Abwasser wird nach Passieren der Anlage wieder dem öffentlichen Abwassernetz zugeführt.

Die folgende Abbildung zeigt schematisch den Aufbau der „MIC-Performance-Test“.

## Übersicht zum „MIC-Performance-Test“ im Technikum in Berlin Neukölln

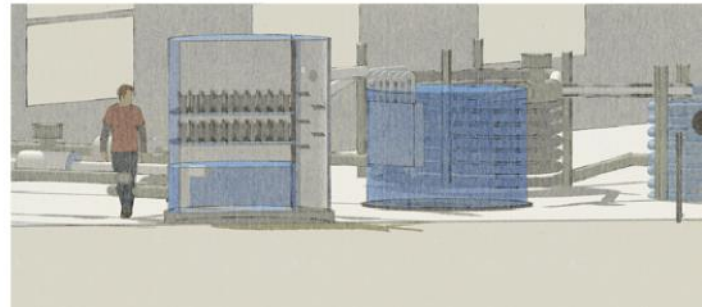


**Abb. 3:** 1 Heizbecken mit Wärmetauscher | 2 Fermenter | 3 Freispiegelleitungen | 4 Probenvorratsbehälter



**Abb. 4:** Übersicht

In dem Probenvorratsbehälter, der in Abbildung 5 ebenfalls schematisch dargestellt ist, werden die Proben unter definierten Bedingungen eingelagert. Auf der feuchten Probenoberfläche erfolgt ein mikrobieller Bewuchs (Biofilm) der zur Oxidation des  $H_2S$  zur Schwefelsäure führt. Es kommt zum direkten chemischen Angriff auf die eingelagerten Baustoffe

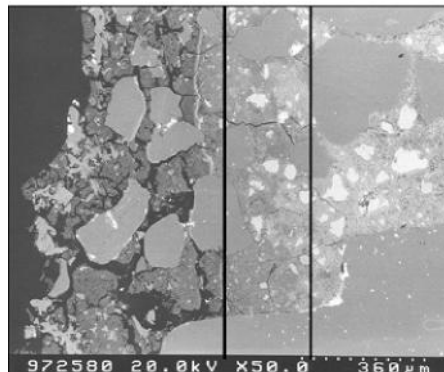


**Abb. 5:** Lagerung der Probekörper über dem Abwasser (Gasphase)

## MINERALISCHE SYSTEME

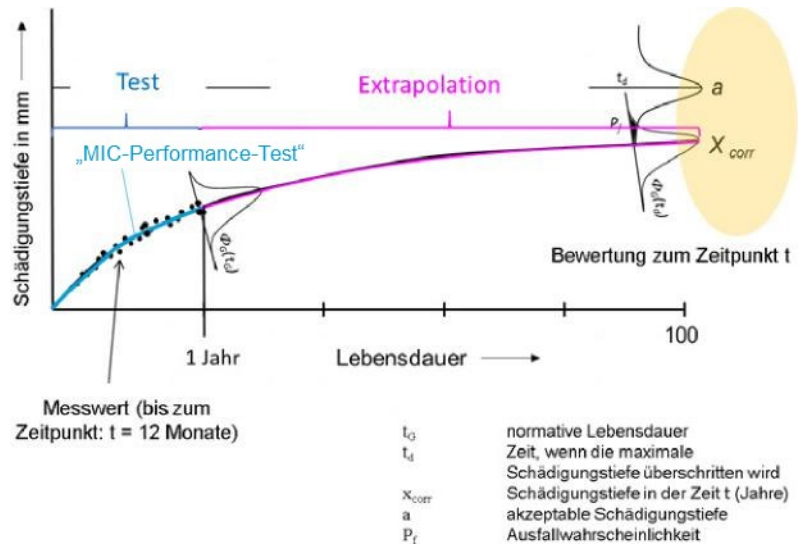
Betone bzw. mineralische Systeme im Allgemeinen, die durch die Säure geschädigt werden, entwickeln mit der Zeit zwei Schädigungsfronten, die in Abbildung 6 dargestellt sind. Nur mit geeigneter Lichtmikroskopie / Polarisationsmikroskopie oder Rasterelektronenmikroskopie ist eine unmittelbare und eindeutige Bestimmung dieser Schädigungsfronten möglich.

Diese direkte Bestimmung der Gesamtschädigungstiefe ist die aussagefähigste Grundlage für die Bewertung der Systeme. Daraus lässt sich eine fundierte Planung von abwassertechnischen Anlagen ableiten.



**Abb. 6:** 1. und 2. Schädigungsfront, bestimmt an einem Dünnschliff (REM-Aufnahme)

Es werden derzeit verstärkt Lebensdauerbetrachtungen für statisch konstruktive Systeme, wie auch für Systeme mit Schutzschichten / Opferschichten (z. B. Vorsatzbeton) im Rahmen von Planungen von abwassertechnischen Anlagen gefordert. Diesen Forderungen lässt sich durch probabilistische Service-Lifetime-Modelle unter Einbeziehung des zeitlichen Schädigungsverlaufes und unter Berücksichtigung einer definierten Ausfallwahrscheinlichkeit (Eurocode-Konzept) am besten entsprechen. Nur diese Modelle können die Design-Service-Lebenszeit mit ausreichender Sicherheit sowie definierter Versagenswahrscheinlichkeit vorhersagen. Die Ergebnisse aus dem „MIC-Performance-Test“ können dafür genutzt werden. Eine grafische Darstellung unseres prinzipiellen Vorgehens ist in Abbildung 7 gegeben.



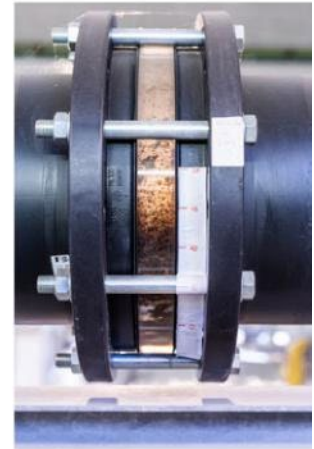
**Abb. 7:** Grafische Darstellung der Schädigungstiefen bis zu 1 Jahr  
Auswertung der Lebensdauer mit dem vorgegebenen Sicherheitsniveau



## POLYMERBASIERTE SYSTEME

Auch polymerbasierte Systeme sind starken Einflüssen durch die Gegebenheiten in der abwassertechnischen Anlage ausgesetzt. So kann das Festigkeits- und Verformungsverhalten deutlich abnehmen. Die Reaktion dieser Werkstoffe können wir ebenfalls mithilfe des „MIC-Performance-Tests“ testen. So lässt sich feststellen, dass bei beschichteten Baustoffen die Interaktion zwischen dem Angriffsmedium und der Kunststoffbeschichtung auf Reaktionsharzbasis zu unterschiedlichsten Schädigungsphänomenen führt. Diese können z. B. fehlende Haftung, Versprödung oder Blasenbildung sein. Auch Kunststoffrohre und Inlinersysteme auf HD-PE-, PP, und GFK-Basis zeigen mitunter Veränderungen in den Materialeigenschaften, wie z. B. durch Quellen oder Verformungen.

Mithilfe der Prüfergebnisse kann man für spezifische polymerbasierte Systeme eine erhöhte Beständigkeit unter gewählten kritischen konstanten Quasi-Realbedingungen in abwassertechnischen Anlagen nachweisen. Somit werden die unterschiedlichen Systeme vergleichbar.



**Kiwa GmbH**  
**Voltastr. 5**  
**13355 Berlin**  
E [DE.Info.KiwaBerlin@kiwa.com](mailto:DE.Info.KiwaBerlin@kiwa.com)  
T +49 30 / 467761 0



[kiwa.com/de/de/service/odocol/](https://kiwa.com/de/de/service/odocol/)