

KURZBERICHT

Pilotprojekt MESSPLAN-EM¹_{SDETTE}N

Mehrwerte der messdatenbasierten Planung einer Regenwasserbehandlungsanlage in einem großen Trennsystem in Emsdetten

Stadt Emsdetten

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung und Zielsetzung	3
2	Methodisches Vorgehen	4
3	Ergebnisse	6
4	Fazit	10

1 Veranlassung und Zielsetzung

Die Stadt Emsdetten steht vor der Herausforderung eine Regenwasserbehandlung für ein großes, trennentwässertes Gebiet zu planen und umzusetzen. In dem Einzugsgebiet (Bild 1), mit einer kanalisiertierten Gesamtfläche von ca. 236 ha, liegen Wohngebiete, Gewerbegebiete und Hauptverkehrsstraßen, die den unterschiedlichen Kategorien 1 bis 3 nach Trennerlass NRW zuzuordnen sind und damit einer Behandlung erfordern. Die Einleitung des Regenwassers erfolgt in die Ems an der Einleitungsstelle EM1 in unmittelbarer Nähe der Kläranlage.

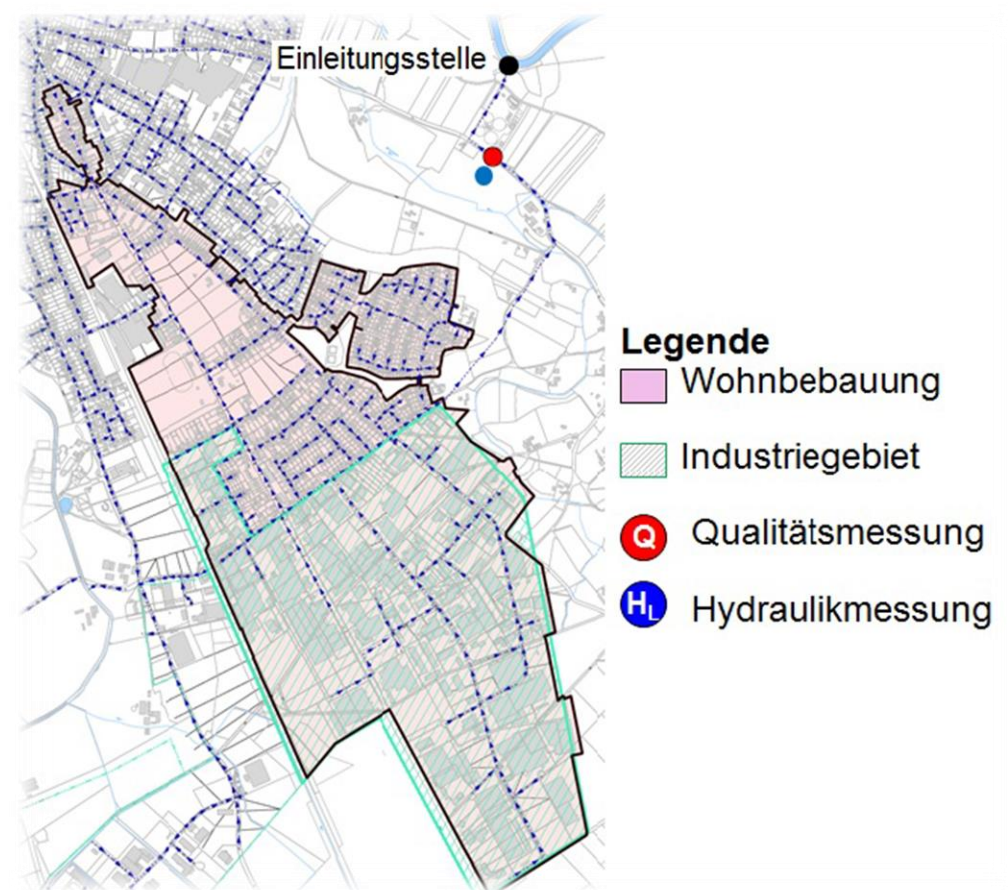


Bild 1 Übersicht des Einzugsgebiets der Einleitungsstelle EM1 in Emsdetten

Die Planung einer Behandlungsanlage sollte sich im Rahmen des Pilotprojekts nicht nur auf Literaturdaten zur Verschmutzung des Regenwassers stützen, sondern die örtlichen Verhältnisse durch Niederschlags-, Abfluss- und Qualitätsmesskampagnen berücksichtigen („datenbasierte Planung“). Dabei sollte zudem berücksichtigt werden, dass die Gebietsentwicklung der Wohn- und insbesondere der Gewerbeflächen noch nicht abgeschlossen ist. Änderungen können sich auch bei dem Anschluss von bereits vorhandenen Gewerbeflächen ergeben (Versickerung oder Einleitung).

2 Methodisches Vorgehen

Die Bearbeitung des Pilotprojekts erfolgte in drei Arbeitspaketen.

Im ersten Arbeitspaket wurden die Messdaten einer vorangegangenen Messkampagne durch ein erweitertes Messkonzept ergänzt und die erhobenen Daten detailliert zusammengestellt.

Die Messungen im Rahmen der erweiterten Messkampagne wurden ca. 200 m oberhalb der Einleitstelle EM1 im Regenwasserkanal (DN1400) und auf dem Gelände der Kläranlage Austum durchgeführt.

An der genannten Stelle kamen die folgenden Messsysteme zum Einsatz:

- PCM Pro der Fa. Nivus zur kontinuierlichen Erfassung des Durchflusses (Messung von Füllstand und Fließgeschwindigkeit)
- Niederschlagsmessgerät der Fa. Seba Hydrometrie (Messprinzip: Kippwaage)
- Spectro::lyser™ der Fa. s::can zur kontinuierlichen Erfassung der AFSeq-Konzentration (Messprinzip: UV-Vis Spektrometrie)
- Partikelkonzentrationssensor PKM der Fa. Nivus zur kontinuierlichen Erfassung der AFSeq-Konzentration (Messprinzip: Rückstreuung und Dämpfung von Ultraschallwellen an Partikeln)

Die Messkampagne wurde zusätzlich durch Probenahmen (Probenehmer vom Typ Liquiport 2000 Ex der Fa. Endress+Hauser) in unmittelbarer Nähe der kontinuierlichen Messungen ergänzt, um die kontinuierlichen Messdaten von AFSeq zu verifizieren und Aussagen zum Parameter AFS63 treffen zu können. Es wurden insgesamt zehn Ereignisse beprobt.

Zur Vermeidung des „Trockenfallens“ der Sensoren und zur Erzeugung eines durchgehend ausreichenden Füllstands wurde eine kleine Bodenschwelle im Gerinne montiert, in dessen Rückstaubereich die Messgeräte installiert wurden.

Die kontinuierliche AFSeq-Messung mittels PKM-Sonde fand über einen Zeitraum von 14 Monaten statt. Die anderen Messgeräte waren kürzer im Einsatz. Insgesamt stehen für einen Zeitraum von sechs Monaten die Messdaten aller Geräte zur Verfügung.

Im zweiten Arbeitspaket wurden die Daten ausgewertet und für das Modell aufbereitet. Das vorhandene hydrodynamische Modell aus dem GEP der Stadt Emsdetten aus dem Jahr 2016 wurde in die Modellumgebung PCSWMM überführt. PCSWMM bietet die Möglichkeit neben hydrodynamischen Abflussberechnungen auch Stoffakkumulations- und -abtragsprozesse abzubilden und Steuerungsregeln festzulegen. Die modelltechnischen Prozesse wurden anhand der Messdaten kalibriert und das Modell um ein Trenn- und ein Speicherbauwerk, sowie eine Behandlungsanlage ergänzt, um eine Teilstrombehandlung zu simulieren (Bild 2).

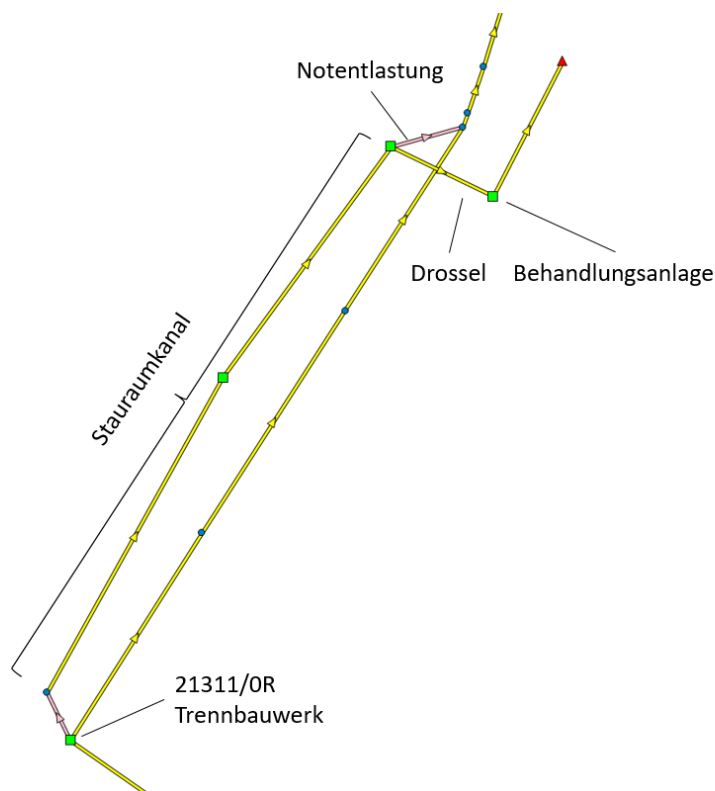


Bild 2 Abbildung einer Teilstrombehandlung in PCSWMM

Im dritten Arbeitspaket erfolgte die Konzeption der Regenwasserbehandlung. In diesem Schritt standen die Anforderungen, die sich aus den aktuellen Regelwerken ergeben, im Fokus. Dem gegenüber standen die Anforderungen bzw. Informationen, die sich aus den Messdaten ergeben haben. Gemäß DWA-A 102:2020 wird die Behandlungsbedürftigkeit von Niederschlagswasser in Abhängigkeit der Herkunftsflächen festgelegt. Die Einteilung der Herkunftsflächen erfolgt je nach zu erwartender Belastung des Niederschlagswassers in drei Kategorien, gering (Kategorie I), mäßig (Kategorie II) oder stark (Kategorie III) belastet. Das Niederschlagswasser von Flächen der Kategorien II und III ist zu behandeln. Zur Ermittlung der Behandlungserfordernis werden im Arbeitsblatt 102 mittlere Konzentrationen und der flächenspezifische jährliche Stoffabtrag für die Bezugsgröße AFS63 für die drei Kategorien angegeben, anhand derer Bilanzierungen durchgeführt werden können. Aufgrund dieser Bilanzierung ergibt sich ein erforderlicher Wirkungsgrad der Behandlungsmaßnahme(n).

Der rechnerisch erforderliche Wirkungsgrad wurde im Rahmen des Pilotprojekts als Zielgröße für den Gesamtwirkungsgrad festgelegt (Optimierungsziel). Zur Erreichung des erforderlichen Wirkungsgrades mit einer Teilstrombehandlung wurde auf Grundlage der Messergebnisse und unter Verwendung des kalibrierten hydrodynamischen Schmutzfrachtmodells ein geeigneter Grenzwert zur Trennung der behandlungsbedürftigen Abflüsse von den gering verschmutzten Abflussanteilen bestimmt. Weiterhin wurde das erforderliche Rückhaltevolumen zur Speicherung der zu behandelnden Abflüsse vor einer gedrosselten Weiterleitung zu einer Behandlungsanlage mittels Simulation über mehrere Jahre ermittelt. Aufgrund der örtlichen Verhältnisse wurden die Kläranlage oder ein zu errichtender technischer Regenwasserfilter mit je einer Reinigungsleistung von 90% als geeignete Behandlungsanlagen berücksichtigt.

Eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für eine „datenbasierte Planung“ vervollständigte die o.g. Arbeitsschritte.

3 Ergebnisse

Die Messungen haben gezeigt, dass die Verschmutzung des Regenwassers einer hohen, aber charakteristischen Dynamik unterliegt.

Die Höhe der labortechnisch ermittelten AFS-Konzentration der beprobten Ereignisse bewegte sich zwischen Werten unter 10 mg/l und bis zu 534 mg/l. Der jeweils enthaltene Anteil an AFS63 lag zwischen ca. 20 und 80 % des AFS_{gesamt}. Für ein einzelnes Ereignis, im sehr geringen Konzentrationsbereich, lag der AFS63-Anteil bei 100 %. Ein Zusammenhang zwischen der Höhe des Anteils von AFS63 und der Höhe der AFS-Gesamtkonzentration konnte für die beprobten Ereignisse jedoch nicht festgestellt werden.

Die Auswertung der kontinuierlich erfassten Messdaten, u.a. in Form von Masse-Volumen-Diagrammen, hat gezeigt, dass sich ein typischer Konzentrationsverlauf während eines Niederschlagsereignisses durch einen raschen Anstieg zu Beginn der Ereignisse und einen langsamen Konzentrationsrückgang auszeichnet. Die Gegenüberstellung der normierten kumulativen AFSeq-Fracht und des normierten kumulativen Volumens im Masse-Volumen-Diagramm, zeigt ein Bild, bei dem die Kurven oberhalb der Winkelhalbierenden liegen, was bedeutet, dass zu Beginn der Ereignisse eine höhere Fracht einem geringen Abflussvolumen gegenübersteht.

In der modelltechnischen Abbildung konnte das Masse-Volumen-Verhältnis bei Niederschlags-Abfluss-Ereignissen in gleicher Weise erzeugt werden. Bild 3 zeigt die gemessenen und simulierten MV-Verhältnisse beispielhaft für ein Ereignis.

Die Messkampagne hat zudem Hinweise auf Fehleinleitungen geliefert, da auch unabhängig vom Niederschlagsgeschehen Abflüsse und Konzentrationsanstiege registriert wurden. Diese wurden jedoch nicht im Modell abgebildet.

Ein Vergleich der gemessenen und simulierten AFSeq-Fracht über einen Zeitraum von sechs Monaten hat gezeigt, dass die kumulierte simulierte Fracht nach sechs Monaten zwischen den kumulierten, mit zwei Sondentypen gemessenen, Frachten lag. Die Genauigkeit der Simulation ist somit vergleichbar mit der Genauigkeit der online-Messungen.

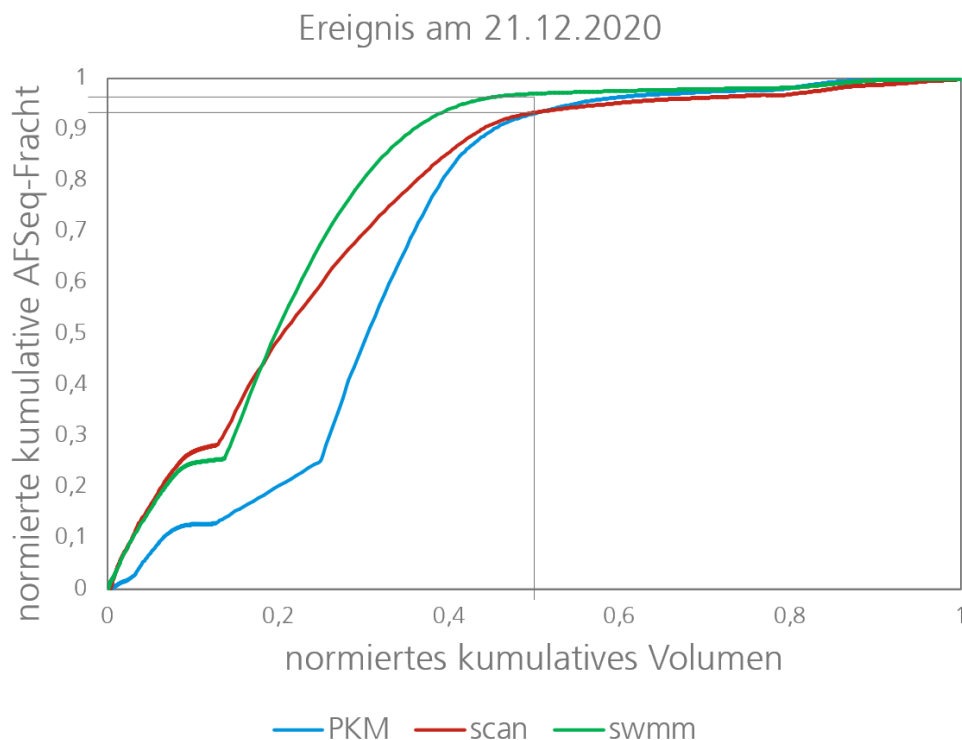


Bild 3 MV-Diagramm für das Niederschlag-Abfluss-Ereignis am 21.12.2020

Der erforderliche Wirkungsgrad der Behandlungsmaßnahmen für das betrachtete Einzugsgebiet ergibt sich nach DWA-A 102 zu $\eta_{\text{erf}} = 43\%$. Zur Erzielung dieses Wirkungsgrades mittels RKB berechnet sich die erforderliche Beckenoberfläche zu 1.080 m^2 . Unter Berücksichtigung der Grenzen nach DWA-A 166 für das l:b:h-Verhältnis wäre ein Becken mit den Abmessungen $66,0 \text{ m} \times 16,4 \text{ m} \times 4,2 \text{ m}$ denkbar. Damit hätte das Becken ein Volumen von 4.546 m^3 . Eine mögliche Reduzierung des Bauwerksvolumens wäre denkbar, wenn mehrere parallel beschickte Becken vorgesehen werden. Bei einer Aufteilung der erforderlichen Beckenoberfläche auf 4 Becken, könnten diese jeweils Abmessungen von $32,0 \text{ m} \times 8,5 \text{ m} \times 2,1 \text{ m}$ haben. Das Volumen läge dann nur noch bei 2.285 m^3 . Hierfür wäre jedoch im Gegensatz zur Variante mit nur einem Becken ein Verteilerbauwerk zur gleichmäßigen Verteilung auf alle Becken erforderlich.

Für eine mögliche Teilstrombehandlung wurde ein Grenzwert der AFSeq-Konzentration von 45 mg/l festgelegt. Dieser Wert ist so gering, dass die Einleitung aller Abflüsse, mit

geringeren AFSeq-Konzentrationen vertretbar ist und gleichzeitig liegen die Konzentrationen im betrachteten Einzugsgebiet sehr häufig unterhalb des Grenzwertes, so dass nur ein geringer Abflussanteil behandelt wird. Für den gewählten Grenzwert und unter der Annahme, dass die Reinigungsleistung eines technischen Regenwasserfilters oder der Kläranlage 90 % erreichen kann, wurde durch Langzeitsimulation ein erforderliches Rückhaltevolumen von 1.150 m³ bei einem gewählten Drosselabfluss zur Behandlungsanlage von 25 l/s ermittelt.

Die Simulation über einen Zeitraum von sechs Jahren hat gezeigt, dass durch die Realisierung des Teilstrombehandlungskonzeptes der erforderliche Wirkungsgrad von 43 % erreicht werden kann und dabei lediglich 7 % des gesamten Abflussvolumens behandelt werden müssen. Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse der Simulationen über zehn Monate (während der Messkampagne) und sechs Jahre mittels historischer Niederschlagsdaten.

Tabelle 1 Ergebnisse Simulation Teilstrombehandlung

	2020/2021 (10 Monate)	2008 – 2013 (6 Jahre)
Volumen SRK	1.150 m ³	
Reinigungsleistung d. Behandlungsanlage	90 %	
AFS-Fracht vor dem TBW	10.950 kg	97.520 kg
AFS-Fracht nach der Teilstrombehandlung	6.128 kg	55.479 kg
Wirkungsgrad der Teilstrombehandlung	44 %	43 %
Abflussvolumen vor dem TBW	495.500 m ³	7.706.000 m ³
Abflussvolumen unbehandelt	435.812 m ³	7.193.800 m ³
Abflussvolumen behandelt	60.620 m ³	523.200 m ³
Abflussanteil behandelt	12 %	7 %
Abflussanteil unbehandelt	88 %	93 %

Zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit wurden die Herstellung- und Betriebskosten für vier verschiedene Behandlungsvarianten gegenübergestellt.

Verglichen wurden Regenklärbecken mit unterschiedlichen Abmessungen und die Teilstrombehandlung mit einem technischen Regenwasserfilter oder auf der Kläranlage. Im relativen Vergleich der Herstellungskosten (aktuell stark steigende Baupreise sind zu beachten) können die Kosten für ein RKB je nach Abmessung und Tiefenlage um den Faktor drei bis neun höher sein, als die geschätzten Herstellungskosten für eine mögliche Teilstrombehandlung. Die geringsten Herstellungskosten (ohne Berücksichtigung von Preissteigerungen geschätzt knapp 1 Mio. €) fallen für die Variante mit Behandlung eines Teilstroms auf der Kläranlage an (wenn keine Anpassungen an der Kläranlage erforderlich sind). Baugrundgutachten lagen in dieser Konzeptphase noch nicht vor.

Die Betriebskosten konnten nur mit entsprechenden Unsicherheiten zum aktuellen Planungsstand abgeschätzt werden, da diese stark von der weiteren Planung abhängig sind. Für den Betrieb der Regenklärbecken wurden die Kosten auf 13.000 – 68.000 €/a geschätzt, abhängig von der Entleerungsstrategie der Bauwerke. Für den Betrieb eines technischen Regenwasserfilters wurden die Kosten auf ca. 25.000 bis 77.000 €/a geschätzt. Abhängig sind die Betriebskosten hier vor allem von der Häufigkeit des Filterwechsels. Für die Behandlung des Teilstroms auf der Kläranlage konnten die Betriebskosten vergleichsweise sicher geschätzt werden, da die Größenordnung des jährlich zu behandelnden Volumens aus der Simulation bekannt ist. Die geschätzten Kosten liegen hier bei etwa 22.000 €/a.

4 Fazit

Das Pilotprojekt hat gezeigt, dass es ökologisch und ökonomisch geboten ist, die tatsächlichen Gegebenheiten vor Ort messtechnisch zu erfassen und die Planung einer Regenwasserbehandlungsanlage an diese Gegebenheiten anzupassen.

Platzbedarf und Herstellungskosten für eine Variante mit Teilstrombehandlung sind deutlich geringer als für eine Behandlung im RKB. Die jährlichen Betriebskosten können jedoch im Vergleich zu den Betriebskosten eines RKBs mit sehr guter Entleerungsstrategie höher ausfallen.

Die durchgeführten Simulationsrechnungen haben gezeigt, dass durch die Behandlung der am stärksten verschmutzten Abflussvolumina (rund 10 % der Abflussmenge) mit einer sehr hohen Reinigungsleistung von 90 % der erforderliche Gesamtwirkungsgrad von 43 % erreicht werden kann. Das kann zu erheblichen Kostenersparnissen führen. Hieraus lassen sich auch weitere Optimierungen ableiten, die auf eine maximale AFS-Reduktion bei festzulegendem Mitteleinsatz zielen.

Für das betrachtete Einzugsgebiet bietet sich die Behandlung eines Teilstroms auf der Kläranlage, aufgrund der Platzverhältnisse und der örtlichen Nähe besonders an und wird empfohlen. Hinsichtlich der Übertragbarkeit der Erkenntnisse auf andere Einzugsgebiete, ist auch die Behandlung eines Teilstroms im technischen Regenwasserfilter eine Variante, die gegenüber den Herstellungskosten für ein RKB deutlich günstiger ist.

Es ist jedoch für jedes Einzugsgebiet zunächst ein individuelles Messprogramm durchzuführen, um die Verschmutzungscharakteristik kennenzulernen. Hierzu hat das Pilotprojekt gezeigt, dass beide hier verwendeten Sondentypen zur Bestimmung des qualitativen Verlaufs der Konzentrationsganglinien von AFS bzw. AFSeq grundsätzlich geeignet sind. Die Bestimmung der absoluten Konzentration muss jedoch zusätzlich durch die Analyse von Proben im Labor stattfinden (Kalibrierung der Sonden).

Einen allgemeingültigen Überblick über die erforderlichen Grundlagen zur datenbasierten Planung von Niederschlagswasserbehandlungsanlagen liefert das Fließschema in Bild 4 .

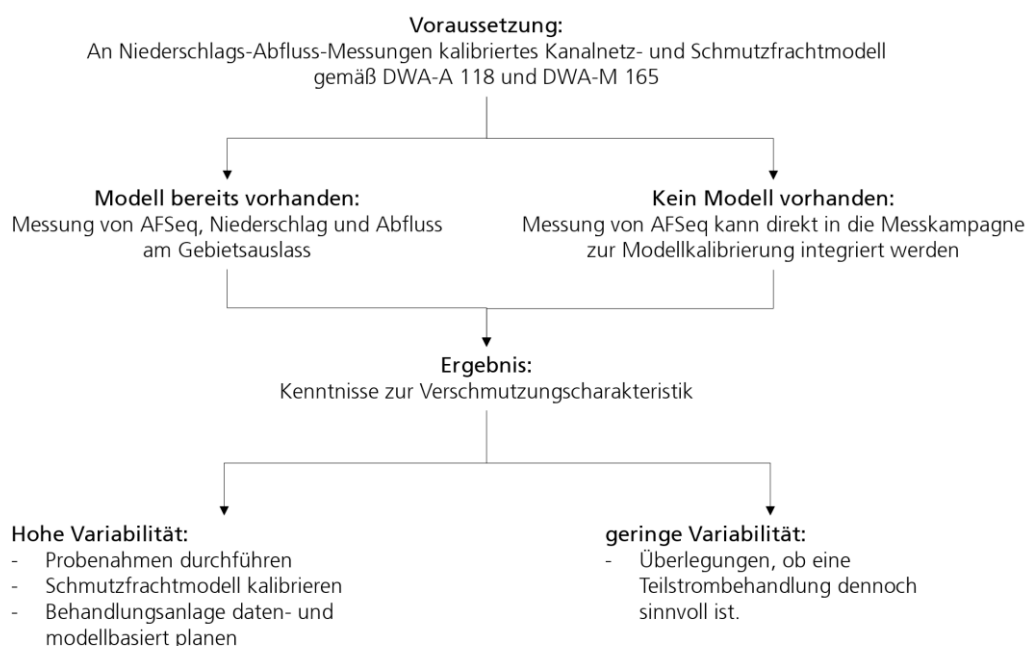


Bild 4 Vorgehensweise zur Konzeptionierung einer datenbasierten Niederschlagswasserbehandlungsanlage

Neben den Grundlagen zur Konzeption einer Behandlungsanlage hat die Messkampagne auch Hinweise auf vorhandene Fehlanschlüsse im Trennsystem geliefert.

Für das Einzugsbiet EM1 sollten als nächste Schritte die Objektplanung zum Bau des Trennbauwerks, des Stauraumkanals mit einem technischen Filter und / oder der Einleitung in die Kläranlage, sowie ein daran anschließender Probetrieb stattfinden.

Gelsenkirchen, 16. Januar 2023
DAB/HOH

DR. PECHER AG

Dr. Holger Hoppe