

Im internationalen Vergleich besitzt Deutschland einen hohen Standard in der Abwasserbeseitigung. Am Beispiel des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen (NRW) zeigt sich aber auch, wie sehr die öffentlichen Kanalnetze bereits belastet sind. Das bevölkerungs- und infrastrukturstärkste Bundesland verfügt über eine sehr umfassende Infrastruktur.

Folgende Rahmenbedingungen sind bei der Festlegung zukünftiger Bewirtschaftungsziele zu beachten:

645 Kommunale Kläranlagen werden heute bereits in NRW betrieben, darüber hinaus sind derzeit ca. 83.000 Kleinkläranlagen (KKA) und 8.500 abflusslose Gruben seitens der Betreiber gemeldet bzw. genehmigt. Hinzu kommen 1.200 Industriebetriebe, welche direkt einleiten und rund 40.000 Betriebe, welche als indirekte Einleiter registriert sind. Mehr als 8.000 Regenbecken und Entlastungsanlagen sowie rund 70.000 km öffentliche Kanalisation, geschätzte 200.000 km private Kanalisation und 3 Mio. Hausanschlüsse runden das Bild der Abwasserbehandlungssituation in NRW ab.

Weitere Fakten zur Niederschlagswasserbeseitigung im Bundesland NRW:

- 17,9% der Flächen in NRW sind als Siedlungs- Gewerbe und Verkehrsflächen ausgewiesen
- ca. 100.000 ha befestigte und abflusswirksame Fläche (12%)
- über 5.000 Mischwassereinleitungen sowie
- ca. 2.000 Einleitungen aus Trennsystemen mit Behandlung
- ca. 100.000 Einleitungen, erfolgen heute bereits bzw. immer noch ohne jegliche Behandlung!

Dezentrale Niederschlagswasserbehandlungsanlagen: Bedeutung und Wirkungsgrad wachsen

Hohes Volumen an Ersatz und Neuinvestitionen

Bedenkt man darüber hinaus, dass die 654 aktuell betriebenen kommunalen Kläranlagen im Durchschnitt 30 Jahre alt sind, dann wird das Ausmaß des Volumens an Ersatz- und Neuinvestitionen für die nahe Zukunft deutlich (2). Entsprechendes gilt natürlich für die Kanalnetze und sonstigen technischen Entwässerungs- und Behandlungseinrichtungen, welche mitunter noch deutlich älter sind.

Ferner ist fest davon auszugehen, dass bei einer Vielzahl von dezentral aber auch zentral bereits betriebenen Entwässerungseinrichtungen, wie z.B. nicht ständig gefüllte, als auch ständig gefüllte Regenklärbecken, Regenwasserentlastungs- und Regenwasserreinigungsanlagen sowie nachgeschalteten Bodenfilter-/Abwasserbehandlungsanlagen der Ablauf nicht oder nicht mehr den gesetzlichen Anforderungen entspricht (siehe auch § 7a Abs. 1 WHG sowie die MUNLV-Broschüre „Retentionsbodenfilter – Handbuch, Bau und Betrieb“).

Ähnlich wie es sich im Ballungsraum NRW darstellt, verhält es sich in vielen anderen Bundesländern oder auch im benachbarten Ausland wie z.B. in Österreich. Hier wurde unlängst beschlossen, dass im Haushaltsjahr 2013 sämtliche staatliche Zuschüsse/Subventionen an die Kommunen für Infrastrukturmaßnahmen gestrichen werden sollen. Dies betrifft dort sowohl den Aufbau, die Instandhaltungsmaßnahmen, die Anpassung sowie den Rückbau von nicht mehr benötigten Infrastrukturen wie z.B. überdimensionierte Kanalsysteme oder Abwasserbehandlungseinrichtungen.

Somit ist die Niederschlagswasserbeseitigung zukünftig sowohl logistisch als auch finanziell eine der größten Herausforderungen für die Städte und Gemeinden bzw. für die öffentliche Hand im Allgemeinen. Eine Vielzahl von Gewässern zeigt bereits Probleme auf, die auf unbehandelte oder nicht ausreichend behandelte Niederschlagswassereinleitungen zurückzuführen sind. Durch jede weitere Versiegelung der Flächen ergeben sich neue gewässerstrukturelle Probleme.

Mit dem im Landeswassergesetz festgeschriebenen Abwasserbeseitigungskonzept sollen die Gemeinden nun gegenüber den zuständigen Behörden Aussagen treffen, wie zukünftig in den Entwässerungsgebieten das Niederschlagswasser unter Beachtung des § 51 a und der städtebaulichen Entwicklung beseitigt werden kann und dies unter Berücksichtigung der bestehenden Entwässerungssituation und der Auswirkungen der Maßnahmen sowohl auf das Grundwasser als auch auf die oberirdischen Gewässer.

Dezentrale Abwasserbeseitigung mit zunehmender Bedeutung

Eine zentrale Abwasserbeseitigung und Behandlung ist in der Regel aufgrund der zunehmenden Flächenversiegelungen, städtebaulichen Maßnahmen, vorhandener Infrastruktur sowie aber auch vor allem aus Kostengründen nicht realisierbar. Die dezentrale Abwasserbeseitigung und Behandlung gewinnt damit zunehmend an Bedeutung (2).

Die Abwasserbehandlung muss je nach Behandlungsbedürftigkeit in unterschiedlichen Verfahren erfolgen. Grundvoraussetzung für den Einsatz der dezentralen Anlagentechnik ist es jedoch, dass sie in den Punkten Reinigungsleistung, Schadstoffrückhalt und Standzeit den Qualitätsansprüchen, welche an die zentralen Systemen gestellt werden, standhält.

Verschiedene Forschungsprojekte im In- und Ausland befassen sich seit einigen Jahren damit, der Leistungsfähigkeit und Betriebssicherheit solcher dezentralen Anlagen und Systeme auch unter schwierigsten Rahmenbedingungen wie z.B. winterlicher Betrieb an hochfrequentierten Autobahnen auf den Grund zu gehen. Hierbei sind neben labortechnischen Untersuchungen sicherlich auch langfristig angelegte Praxistests Gegenstand der Forschungsvorhaben (6). Die in diesem Rahmen durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass dezentrale Anlagen heute

bereits das gleiche Leistungsniveau sowohl im Rückhalt und Abbau anorganischer als auch organischer Frachten wie ansonsten nur aufwendig zu erstellende Bodenfilter bzw. Muldenrigolenanlagen erreicht haben (6).

Der Ansatz der dezentralen Behandlung des Niederschlagsabflusses zielt im Wesentlichen darauf ab, dass die niederschlagsabflusswirksamen Flächen bewertet und dann gezielt behandelt werden. So sind es häufig nur die durch den Straßenverkehr belastete Flächen (Flächen der Kategorie II), die eine erhöhte Anforderung an die Abwasser- bzw. Niederschlagswasserbehandlung im städtischen Bereich stellen.

Unbelastete Abwässer dürfen in der Regel ohne Behandlung direkt in Gewässer oder Vorfluter eingeleitet oder im Erdreich versickert werden. Im Gegensatz zu dem leicht verschmutzten Niederschlagswasser, das z.B. auf privaten Grundstücken anfällt, sind die Niederschlagsabflüsse von Verkehrsflächen wie Straßen, Parkplätze und Betriebs- bzw. Industriegelände deutlich höher belastet und erfordern eine komplexere Behandlung bzw. Aufbereitung des Flächenabflusses (5).

In der Regel ist der Abfluss hier durch einen hohen, jahreszeitlich oder örtlich bedingten, variablen Feststoffanteil (abfiltrierbare Stoffe – AFS) wie z.B. Staub, Reifen- und Bremsabrieb, Flächenabrieb, Pflanzen- und Baumbestandteile, Streusalz- und Streusplitt eintrag oder auch durch Baumaßnahmen bedingte Einträge, belastet. Hinzu kommen Belastungen durch den Eintrag von organischen Frachten wie z.B. Mineralölkohlenwasserstoffe (MKWs) oder polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs), die durch Verbrennungsanlagen aber natürlich in erster Linie auch durch den Straßenverkehr selbst eingetragen werden. Letztere treten heute jedoch bereits nur noch in Mengen auf, die unterhalb der Grenzwerte, häufig unter der Nachweisgrenze, liegen. Ferner sind Schwermetalle wie Kupfer, Zink in zeitweise hoher Konzentration sowie Cadmium, Blei, Nickel und Chrom in den Flächenabflüssen nachgewiesen worden. Aber auch Nitrat und Phosphor wie auch Pestizide und Phenole gelangen standortbedingt in den Flächenabfluss (6).

Repräsentative mittlere Konzentration verschiedener Schwermetalle im Oberflächenabfluss (Göbel et al., 2007)		
Metall	Parkplatz	Nebenstraße
Blei (Pb)	137 µg/l	137 µg/l
Kupfer (Cu)	80 µg/l	86 µg/l
Nickel (Ni)	keine Angabe	14 µg/l
Zink (Zn)	400 µg/l	400 µg/l
Zinn (Sn)	keine Angabe	keine Angabe
Chrom (Cr)	keine Angabe	10 µg/l
Cadmium (Cd)	1,2 µg/l	1,6 µg/l

Tabelle 1: Repräsentative mittlere Konzentration verschiedener Schwermetalle im Oberflächenabfluss (Göbel et al., 2007)

Eines der Hauptprobleme ist sicherlich die nicht homogene, pauschal zu definierende Menge der einzelnen Frachten. Starke projektspezifische, regionale sowie jahreszeitbedingte Einflüsse lassen eine große Streuung der zu erwartenden Schmutzfrachten erwarten.

Speziell für diese komplexen Anforderungen im öffentlichen bzw. industriellen Bereich (Flächenentwässerung der Kategorie II) sind seitens der Industrie die verschiedensten Systeme für die dezentrale Abwasserbehandlung entwickelt worden. Man unterscheidet hierbei in zwei verfahrenstechnische Grundoperationen die sogenannten Wirkmechanismen: Stofftrennung und Stoffwandlung.

Als Stofftrennung wird hierbei die Funktion der Sedimentation und das Aufschwimmen, die Resuspension, Filtration (mechanisch oder hydraulisch) und die Adsorption durch z.B. geeignete Adsorptionssubstrate verstanden.

Unter Stoffwandlung ist die chemische Oxidation oder auch die biologische Umsetzung bzw. Abbau der Frachten unter Zuhilfenahme bakteriologischer Prozesse zu sehen (3) siehe **Abb. 1 und 2**. Es hat sich herausgestellt, dass die Mehrzahl der Anbieter entsprechender Systeme sich auf die Stofftrennung konzentrieren. Die Stoffwandlung hingegen, und hier vor allem die biochemische Umsetzung, wird in der Regel eher vernachlässigt.

Systeme, die den Anspruch hegen, qualitativ die natürliche Bodenpassage/Bodenfilter zu ersetzen, gehen hier neue Wege. Der Einsatz moderner leistungsstarker Substrattechniken garantiert nach Aussage der Hersteller heute bereits in einer Schütthöhe von ca. 20 cm eine höhere Reinigungs- bzw. Abbauleistung

	Parkplatz	Nebenstraße	Hauptstraße
PAK	3,5 fĒg/l	4,5 fĒg/l	1,65 fĒg/l
Mineralölkohlenwasserstoffe	0,16 mg/l	0,16 mg/l	4,17 mg/l

Tabelle 2: Repräsentative mittlere Konzentration verschiedener organischer Schadstoffe im Oberflächenabfluss (Göbel et al., 2007)

	3 Jahre	4 Jahre	17 Jahre	43 Jahre	85 Jahre
Biocalith MR-F1	> 99,9%	> 99,9%	99,5%	96,2%	90,3%
Biocalith K	> 99,9%	> 99,9%	> 99,9%	> 99,9%	97,5%

Tabelle 3: Nachweis der Leistungsfähigkeit moderner Substrattechnik im Rückhalt anorganischer Frachten im hochbelasteten Niederschlagsabfluss(6): Zink-Rückhalt in Abhängigkeit der zugegebenen Fracht in der Langzeitsimulation

	3 Jahre	6 Jahre	22 Jahre	56 Jahre	111 Jahre
Biocalith MR-F1	> 99,9%	> 99,9%	> 99,9%	> 99,9%	> 99,9%
Biocalith K	> 99,9%	> 99,9%	> 99,9%	> 99,9%	> 99,2%

Tabelle 4: Kupfer-Rückhalt in Abhängigkeit der zugegebenen Fracht in der Langzeitsimulation

	Zink (Zn)	Kupfer (Cu)	Chrom (Cr)	Nickel (Ni)	Cadmium (Cd)
ENREGIS/Biocalith MR	> 99,998%	> 99,999%	> 99,999%	99,999%	99,995%
ENREGIS/Biocalith K	> 99,999%	99,997%	99,997%	> 99,999%	> 99,999%

Tabelle 5: Verbleibende Schwermetallfracht nach NaCl-Shock-Spülung (10fache Jahresfracht NaCl von hochalpinen Autobahnen) in den zuvor mit Schwermetallen gesättigten Prüfsubstraten

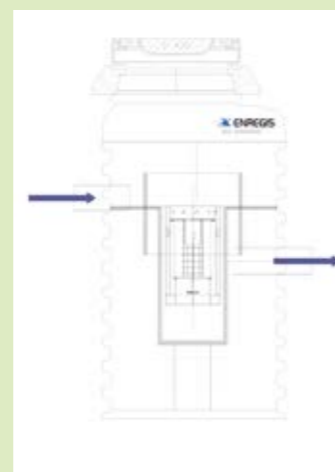


Abbildung 1: CRC-Abwasserbehandlungsanlage



Abbildung 2: CRC-Doppelschachtsystem

der organischen sowie anorganischen Frachten als die, die einer normenkonform aufgebauten Bodenpassage (Bodenfilter) zugesprochen wird. Eingebaut werden die Substrate bereits in zentrale Entwässerungseinrichtungen wie z.B. Bodenfilteranlagen, die Regenklärbecken nachgeschaltet werden, oder auch direkt in die Regenwasser-Muldensysteme. Auch garantieren die Hersteller bereits, dass mit dem Einsatz der Substrattechnik den gesetzlichen Anforderungen des § 7a Abs. 1 WHG entsprochen wird.

Die Stoffwandlung mittels moderner Substrattechnik findet ihre Anwendung aber auch zunehmend in dezentralen Abwasserbehandlungsanlagen. So bieten spezialisierte Hersteller Substrate nicht nur für den Einsatz in dezentralen, klassischen Bodenfiltern als zertifiziertes Substitutionsprodukt zu anderen, häufig nicht klassifizierbaren Bodenmaterialien an, sondern erschließen immer weitere Einsatz- bzw. Anwendungsformen und Einsatzorte. Befahrbar Muldensysteme, die auf dem Einsatz der Substrattechnik basieren, sind am Markt erhältlich. Ebenso werden Schachtsysteme, die z.B. die gezielte Behandlung von Schwermetallfrachten vornehmen, z.B. das ENREGIS/ESAF System, angeboten. Auf der Substrattechnik aufbauende Linienentwässerungsanlagen (Rinnen) als vollwertiger Muldenersatz oder auch platzsparende unterirdische Biofiltrationsstufe, die ebenfalls die Stoffwandlung zur Aufgabe haben, werden ebenso bereits am Markt positioniert. Der Einsatz moderner Substrat- und Verfahrenstechnik gehört heute bereits zum „Stand der Technik“ und trägt zu erheblichen Kosteneinsparungen gegenüber zentraler Abwasserbehandlungsanlagen bei und hebt die Qualität der Behandlung auf ein neues Niveau. (**Abb. 3**).

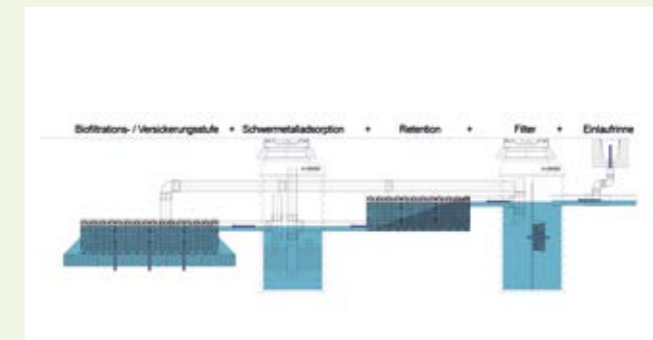


Abbildung 3: Integratives Niederschlagswasserbehandlungsverfahren

Versuche mit Biocalith MR-F1

Im Gegensatz zu Schwermetallen (Stofftrennung), die seit vielen Jahren Gegenstand zahlloser Messkampagnen weltweit sind, wurden organische Schadstoffe (Stoffumwandlung) bisher meist vereinzelt untersucht. Einzig für polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Mineralölkohlenwasserstoffe gibt es einige Untersuchungen. Daher wurden diese als Indikatoren für den Rückhalt schwerabbaubarer organischer Schadstoffe ausgewählt. In einem Versuch im halbtechnischen Maßstab wurde die ereignisbezogene Leistungsfähigkeit von ENREGIS/Biocalith MR-F1 hinsichtlich des Rückhaltes der 16 von der US-amerikanischen Umweltbehörde als prioritär eingestuften polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK16) untersucht.

Die Versuche zeigten die Schwierigkeit, diese Verbindungen in ihren real auftretenden Konzentrationen in der Matrix Oberflächenabfluss nachzuweisen. Von fünf Versuchen konnte trotz Erhöhung der Konzentration des Autobahnabflusses durch Zudosierung eines PAK-Mixstandards nur bei drei Versuchen im Zulauf die PAK16 gemessen werden. Bei keinem der Versuche wurden PAK16 oder der KW-Index im Ablauf des ENREGIS/Biocalith MR-F1 Filters nachgewiesen.

Bei allen durchgeführten Untersuchungen war die Leistungsfähigkeit der ENREGIS-Substrattechnik gleich gut oder besser als die einer Versickerungsmulde, bzw. lagen die Konzentrationen von PAK16 oder KW-Index im Ablauf des ENREGIS-Systems unter der Nachweisgrenze. In der Studie zeigte die ENREGIS-Substrat-Verfahrenstechnik im Rahmen der untersuchten Bedingungen und Parameter einer Rasenmulde gleichwertige bzw. in einigen Fällen sogar bessere Leistungsfähigkeit (6).



Abbildung 4b: Einbau des Envia-Straßeneinlaufsystems CRC

Fazit:

Am Beispiel des Herstellers ENREGIS ist zu erkennen, dass heute eine gezielte Betrachtung und Bewertung der Abflussströme im Hinblick auf die zu erwartende Abflussmenge, Art und Belastung (Schmutzfracht) sowie im Hinblick auf die Qualitätsanforderungen der nachgeschalteten Verfahrensstufen oder Einleitungsvorschriften unumgänglich ist und so eine sichere dezentrale Abwasserbehandlung erst ermöglicht. Dezentrale Abwasserbehandlungsanlagen nehmen gerade unter Berücksichtigung zukünftiger kommunaler Bewirtschaftungsziele an Bedeutung zu und ermöglichen erst eine kostenoptimierte Umsetzung entsprechender Ziele. Aus qualitativer Sicht ist davon auszugehen, dass moderne dezentrale Abwasserbehandlungsanlagen, wie die hier vorgestellten, sowohl mit als auch ohne Substrattechnik den zentralen Abwasserbehandlungsanlagen gegenüber als gleichwertig einzustufen sind.

Abwasserbehandlung direkt im Straßeneinlauf

Dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen, z.B. das Straßeneinlaufsystem CRC des Unternehmens ENREGIS, die auf verfahrenstechnische Grundoperationen (Wirkmechanismus) der Stofftrennung aufbauen, können sowohl in bereits bestehende Straßeneinläufe nach DIN 4052 als natürlich auch in neu zu erstellende Behandlungsanlagen in Form eines Straßeneinlaufs integriert werden. Im Beispiel des Systems CRC können Flächen bis 500 m² mit einer Nominalabflussleistung bis zu 7 l/s bei einer Regenspende von 150 l/sha nachhaltig behandelt werden. Die Anforderungen, die an die Systeme dieser Art gestellt werden, sind nicht unerheblich. So sind es gerade die abfiltrierbaren Stoffe AFS mit einer Korngröße von < 0,300 mm, die ein Hauptprüfkriterium darstellen. Diese Fraktion der AFS tragen in der Regel

zwischen 70 und 90 % zur partikulären Bindung gelöster Schwermetalle im Niederschlagsabfluss bei.

Systeme dieser Art sind leicht einzubauen und auch nachträglich in vorhandene Schachtsysteme zu integrieren. Sollten entsprechende Systeme einmal mit Sediment/Feinstpartikel oder auch mit Grobschmutz angereichert sein, so kommt es zum Rückstau in den Zulauf- bzw. Straßenbereich. Die Betreiber haben damit die Möglichkeit, eine Funktionsstörung visuell zu erkennen und so zeitnah zu beseitigen. Der Behandlungsanlage nachgeschaltete Systemstufen, wie z.B. Versickerungsanlagen, dürfen nicht durch einen system- bzw. funktionsbedingten hydraulischen Bypass belastet werden.

Ein großer Vorteil dieser Systeme ist es, dass sie in der Regel ohne aufwändige Wartungs- oder Substratwechselkosten wirtschaftlich betrieben werden können! (Abbildung 2)

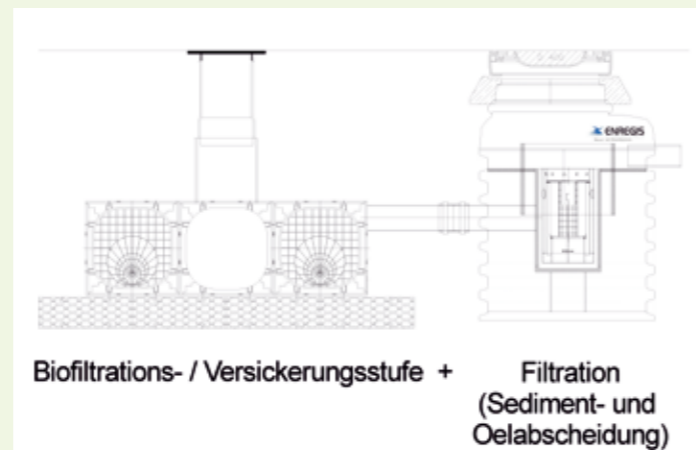


Abbildung 5: CRC-Schachtversickerung
Abwasserbehandlungssystem als Schachtsystem in Verbindung mit einer nachgeschalteten unterirdischen Biofiltrationsstufe

Für die dezentrale Niederschlags- bzw. Abwasserbehandlung in Verbindung mit Linienentwässerungssystemen/Rinnen oder auch in der Bauart kleineren Punkteinläufen bieten Unternehmen Schachtbauwerke an, in denen mehrere Einzelsysteme zu Anlagenbatterien verschaltet werden. Eine nochmalige Leistungssteigerung sowohl in qualitativer als auch hydraulischer Art der Abwasserbehandlungsanlage ist nach Herstellerangaben die Folge. Zusätzliche Schlammräume sowie eine weitere Stofftrennung durch in die Schachtbauwerke zusätzlich eingebrachte hydraulische Reinigungsstufen erhöhen die Reinigungsleistung sowie

Funktionssicherheit des Abwasserbehandlungssystems. Diese Schachtbauwerke sind speziell für den Anschluss mehrerer Einzelabläufe oder auch Rinnensysteme konzipiert. Ein weiterer Vorteil dieser Systeme ist der geringere Wartungsaufwand gegenüber Einzelsystemen (Abbildungen 2 und 5).

Je nach Belastungsgrad des Niederschlagsabflusses kann auf weitere Verfahrensstufen, die ebenfalls auf der Substrattechnik aufbauen, zurückgegriffen werden. Unterirdische Biofiltrationsstufen übernehmen hierbei die Aufgabe der Stoffwandlung. Hierbei werden die noch im Ablauf der Abwasserbehandlungsanlage befindlichen organischen Frachten nachhaltig umgewandelt bzw. abgebaut. Der nun folgende Behandlungsprozess findet als biotische und abiotische Sorption, Fällung und Komplexbildung unter Mitwirkung von gelöstem Luftsauerstoff, bestimmten Inhaltsstoffen im Substrat und Bakterien statt. Durch die hohe Durchlässigkeit des Materials wird eine optimale Strömungshydraulik sichergestellt. Die große innere Oberfläche der Substrate bewirkt einen optimalen Austausch von chemischen Substanzen wie z.B. Eisen bei der Phosphatbindung; Regulierung des pH-Wertes und ermöglicht die Ansiedlung unterschiedlichster Mikroorganismen zum Abbau von Wasser- und Abwasserinhaltsstoffen wie z.B. Ammonium, Nitrit und Nitrat. Hierzu leisten die enthaltenen Mikro- und Mittelporen einen erheblichen Anteil. Konstante Bedingungen schaffen die Prozesse und „mikrobielle Helfer“ das entsprechende Umfeld. Bei der Reduktion handelt es sich in der Regel um einen regenerativen Abbauprozess: Das Substrat kann dauerhaft die organischen Schadstoffe abbauen. Ein Austausch des Substratmaterials ist unter den einzuhaltenden Bedingungen (z.B. Sauerstoffzufuhr) grundsätzlich nicht erforderlich. Durch Einbringung in unterirdische Trä-

gersysteme stellt es eine hervorragende und sichere Alternative zur belebten Bodenzone (Mulde/Bodenfilter) dar.

Unternehmen wie z.B. die ENREGIS GmbH, haben anhand verschiedenster Praxisversuche sowie labortechnischer Untersuchungen gezeigt, dass dezentrale Systeme eine interessante Alternative zu herkömmlichen zentralen Abwasserbehandlungsanlagen darstellen. Gerade auch die Möglichkeit des unterirdischen Einbaus überzeugt sowohl Planer, private als auch öffentliche Bauherren. Aufwendige Wartungsarbeiten und damit auch nicht kalkulierbare Wartungskosten entfallen bzw. werden, wie im vorliegenden Fall, stark reduziert. Eine projektspezifische Anpassungsfähigkeit der Verfahrenstechnik sowie leicht zu bedienende Software und Berechnungsprogramme runden das Leistungsbild entsprechender Unternehmen ab (7).

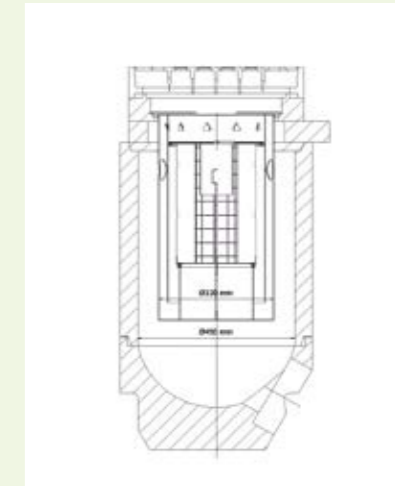


Abbildung 4a:
CRC combi in
DIN-Schacht-01

Quellen & Verweise:

- 1) Vgl. Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren RdErl. d. Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz IV-9 031 001 2104 – vom 26.5.2004
- 2) Vgl. Vortragsskript Viktor Mertsch, Bedeutung zugelassener Niederschlagswasserbehandlungsanlagen für die Umsetzung des Trennerlasses in NRW, DIBt/FH Frankfurt-Gemeinschaftsveranstaltung, 25.10.2012
- 3) Vgl. C. Dirkes, Vortragsskript: Dezentrale Anlagen zur Behandlung von Niederschlagsabflüssen, DIBt Infoveranstaltung 25.10.12 Berlin
- 4) Produktdokumentation ENREGIS/CRC Envia Straßentwässerungssysteme
- 5) vgl. DWA Regelwerk, Merkblatt DWA-M 153, 08/2007
- 6) Untersuchungen zur Leistungsfähigkeit von ENREGIS/Biocolith MR-F1 und ENREGIS/Biocolith K, C. Engelhard/S. Fach, AB Umwelttechnik, Institut für Infrastruktur, Bau fakultät Universität Innsbruck 2012
- 7) Eugen Hillebrand, Fachbeitrag Straßen und Tiefbau, Konsequenz nachhaltig, Ausgabe 12/2010