

Urbanes Niederschlagswassermanagement - Schadstoffbelastung im Regenwasser

Prof. Dr.-Ing. Matthias Barjenbruch, Philipp Lau

Technische Universität Berlin,

Institut für Bauingenieurwesen

FG Siedlungswasserwirtschaft, Sekr. TIB 1B 16

Gustav-Meyer-Allee 25, D - 13355 Berlin

Tel.: +49 / (0) 30 / 314 72246; Fax: +49 / (0) 30 / 314 72248

Siedlungswasserwirtschaft

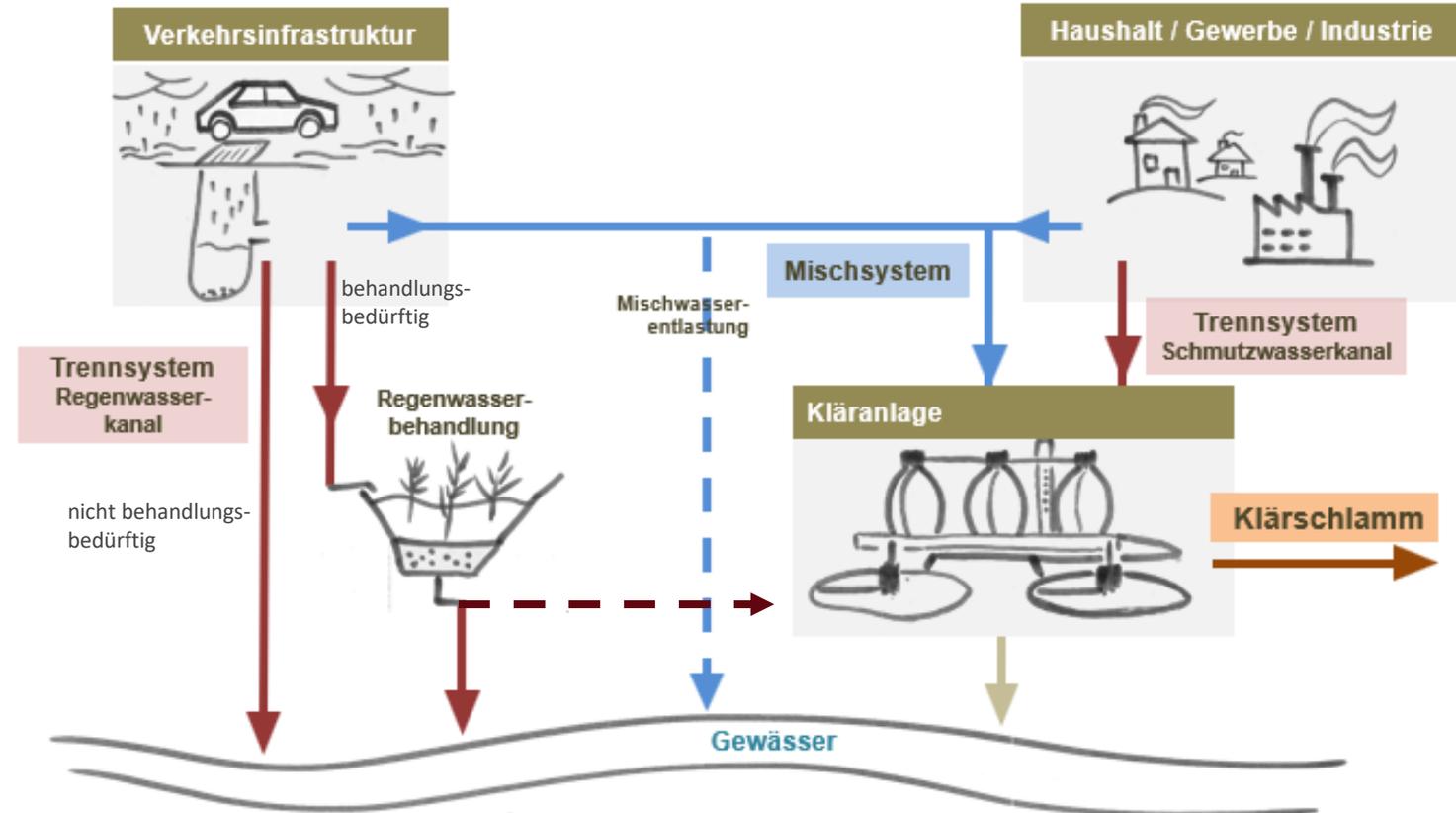
Kommunales Schmutzwasser

(häusliches, gewerbliches, industrielles Abwasser)

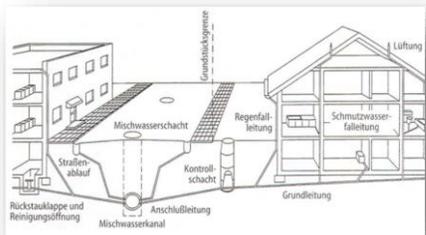
Niederschlagswasser

Mischwasser

(Schmutz + Niederschlagswasser)



Mischsystem



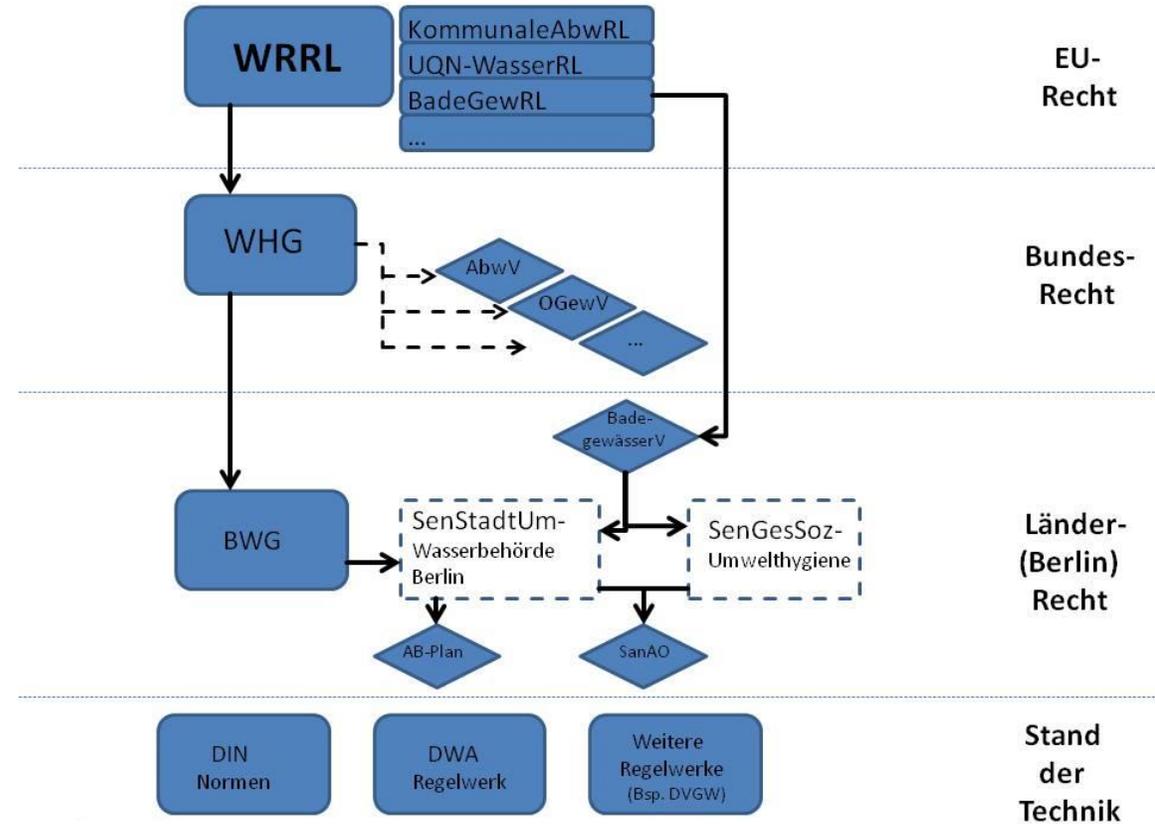
Trennsystem



Grundsätze der Niederschlagswasserbewirtschaftung

Rechtliche Grundlagen

- per Definition Abwasser: ...*das von Niederschlägen aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen gesammelt abfließende Wasser* (§ 54 WHG)
- Niederschlagswasser soll ortsnah versickert, verrieselt werden oder direkt oder über eine Kanalisation ohne Vermischung mit Schmutzwasser in ein Gewässer eingeleitet werden (§ 55 WHG)
- Begrenzung der Menge und Schädlichkeit nach dem Stand der Technik (§ 57 WHG)
 - Keine bundeseinheitlichen gesetzlichen Vorgaben zum „Stand der Technik“



Zentrale Regenwasserbehandlung

Normen und Regelwerke



DWA A 102

Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer

DWA A 117

Bemessung von Regenrückhalteräumen

DWA A 138

Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser

DWA A 153

Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser

DWA A 166

Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und –rückhaltung

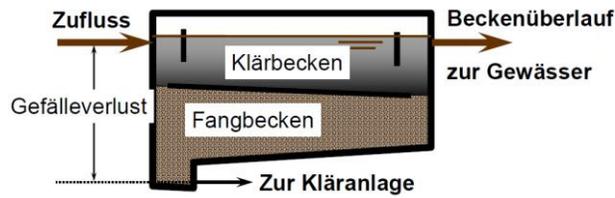
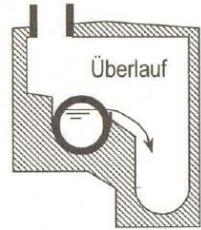
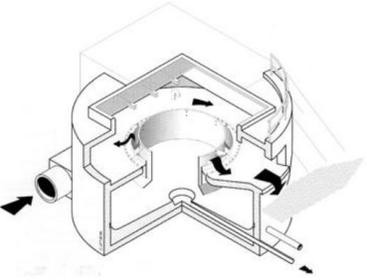
DWA A 178

Retentionsbodenfilteranlagen

Ersetzt
teilweise

Konventionelle Regenwasserentlastung und Behandlungsanlagen

(Ableiten, Auffangen, Einleiten)



Regenentlastungsanlagen im Mischsystem

-Das abgetrennte Mischwasser geht direkt in das Gewässer, kann zwischengespeichert oder weitergehend behandelt werden (z.B. Siebe & Rechen, Wirbelabscheider, Retentionsbodenfilter,...)

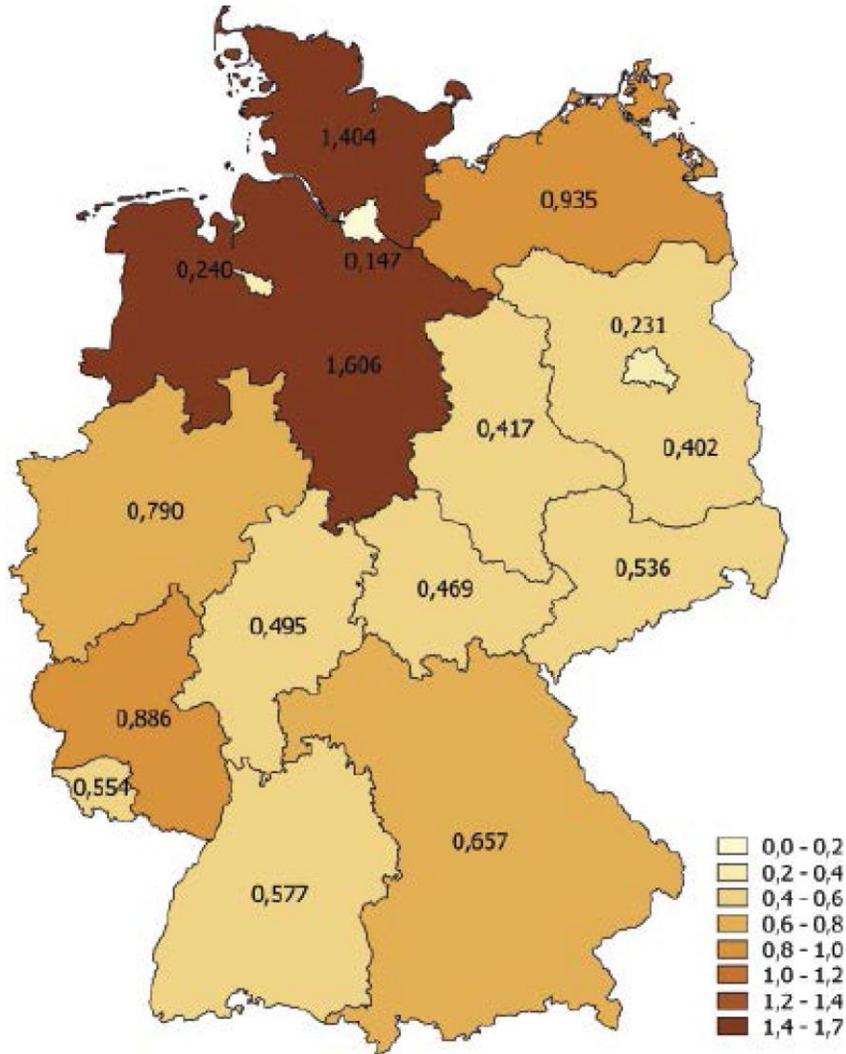
- Regenüberläufe (RÜ)
- Regenüberlaufbecken (RÜB) (Fang-, Durchlauf- und Verbundbecken)
- Kanalstauräume (SK)
- Regenrückhaltebecken (RRB)

Regenwasserbehandlung im Trennsystem

- Regenklärbecken; Nachrüstung bestehender Becken (z.B. Lamellenabscheider)
- Regenrückhaltebecken
- Retentionsbodenfilter
- Semi- und Dezentrale Regenwasserbehandlung

Bedeutung der Niederschlagswasserspeicherung

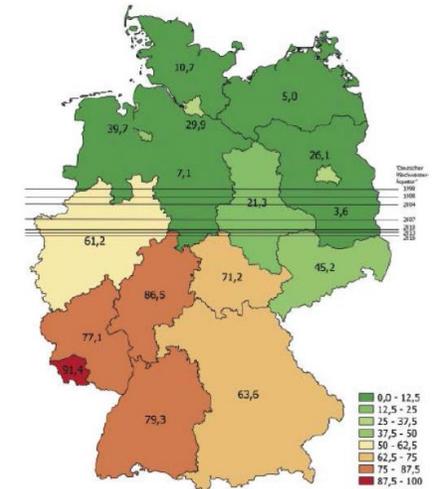
Speichervolumen für Regenwasser in der öffentlichen Kanalisation [m³/E], Stand Ende 2016



- 635 I/E (2007)
- 658 I/E (2010)
- 703 I/E (2013)
- 738 I/E (2016)

[Brombach, Weiss 2019]

Anteil Mischwasserkanalisation Deutschland (gesamt ca. 53,5%)



Ökologisches Gefährdungspotential

der konventionellen Niederschlagswasserableitung (bspw. durch Mischwasserüberläufe)



[<https://www.flickr.com/photos/thameswater/4967211538/>]



Hydraulische Belastung

- hohe Sohlschubspannungen
- Verdriftung der aquatischen Lebensgemeinschaft
- Veränderung der Morphologie

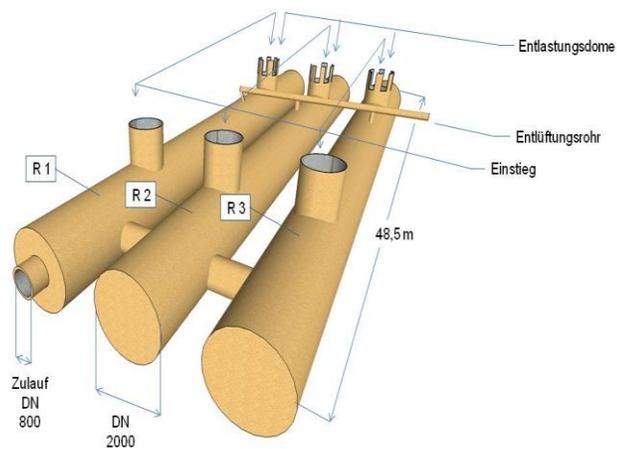
Stoffliche Belastung

- Verschlammung des Interstitials (AFS)
- Fischsterben durch Sauerstoffzehrung (CSB, N) und Ammoniakspitzen (-> Nitrit)
- Krankheitserreger (u.U. Bildung von Multiresistenzen)

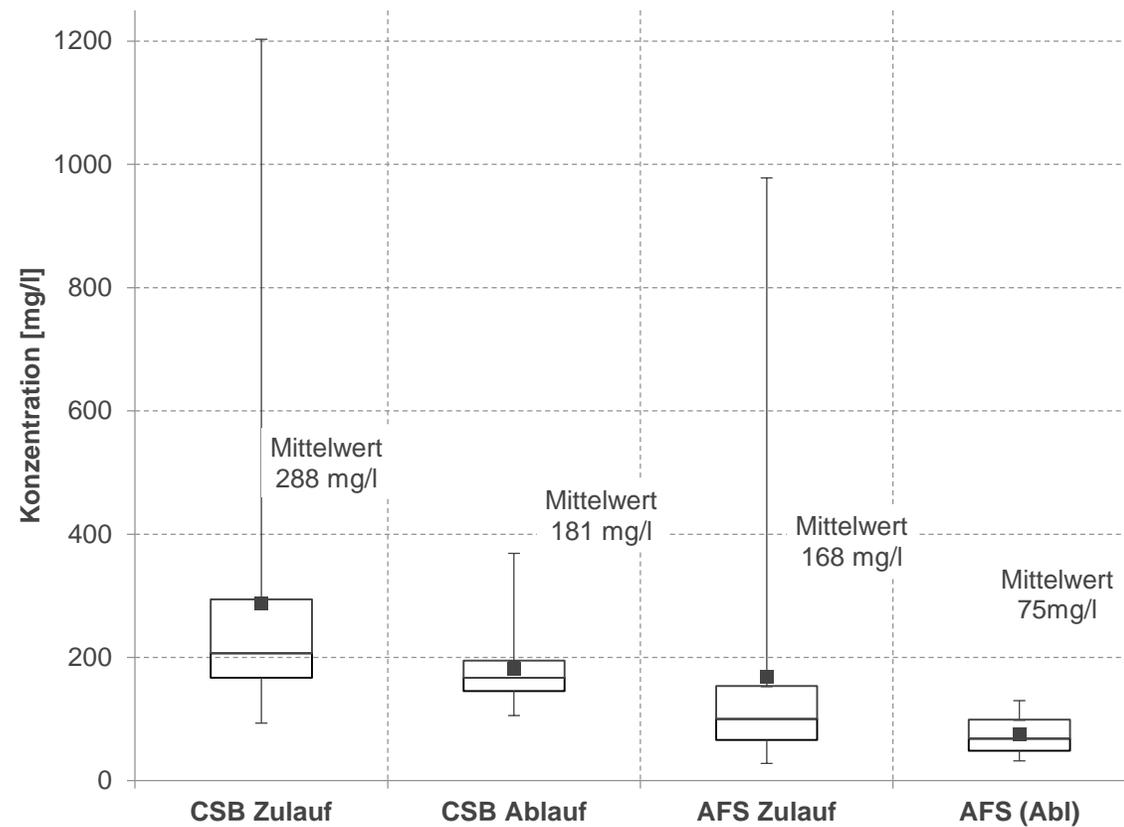
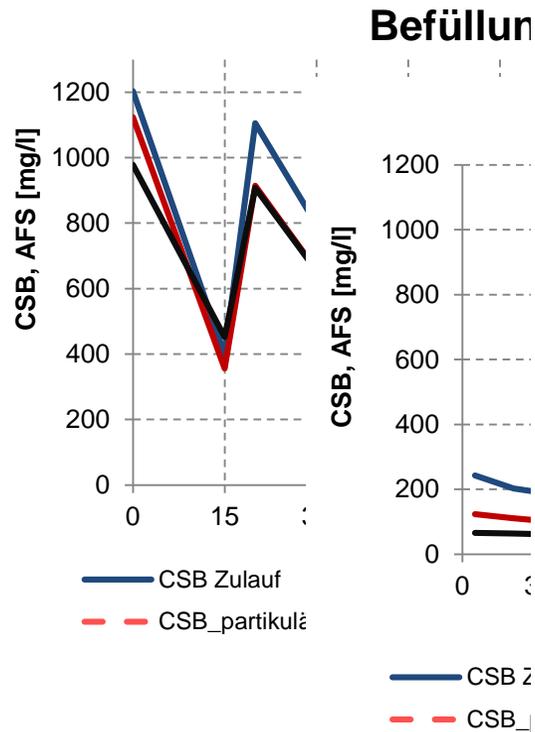
SPREE 2011

Mischwasserüberläufe

- I Zwei Probenehmer Ex 1 mobil mit Leitfähigkeitssonde zur Ereigniserkennung im Zu- und Ablauf der bewusst kleindimensionierten Pilotanlage

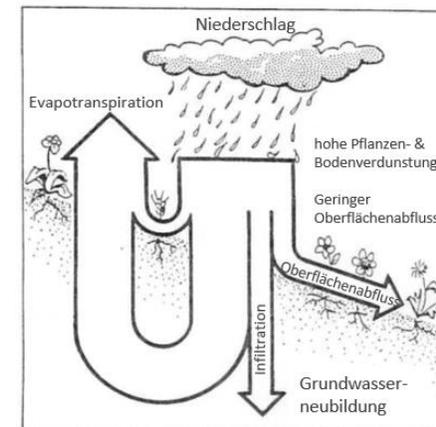


Auswertung Laboranalysen

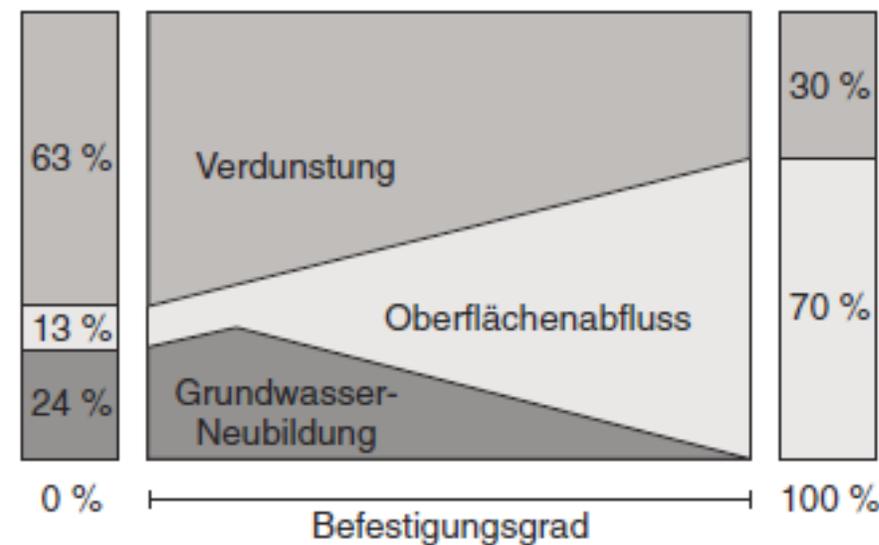
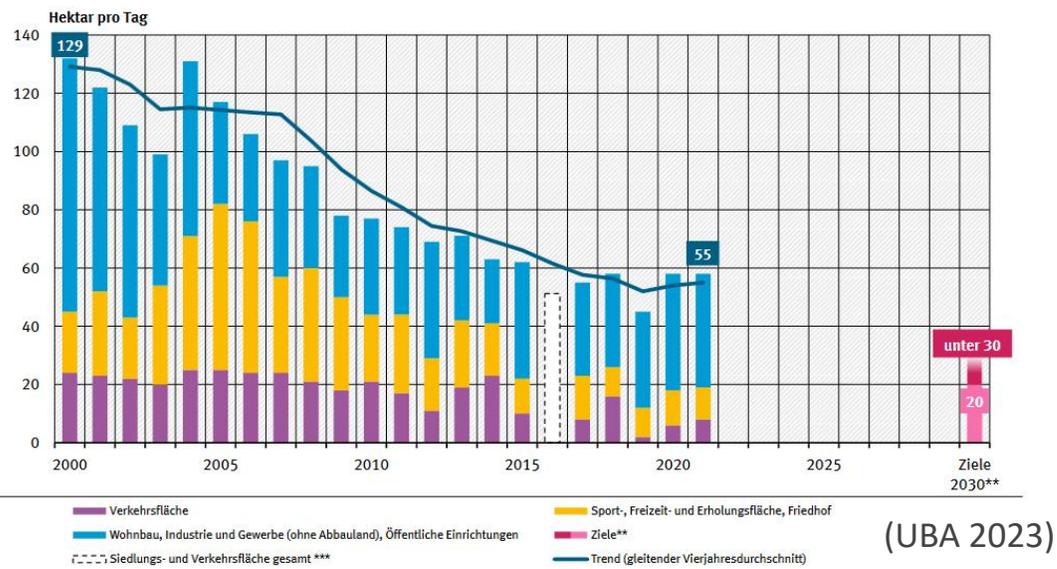


Natürlicher vs. Urbaner Wasserhaushalt

Niederschlag = Oberflächenabfluss + Verdunstung + Versickerung + Δ Speicher



Jährlicher Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Deutschland



Abkopplung als Maßnahme im Bestand und Schaffung von Versickerungs- bzw. Überflutungsflächen

Dezentrale(Kurzzeit)-Speicherung

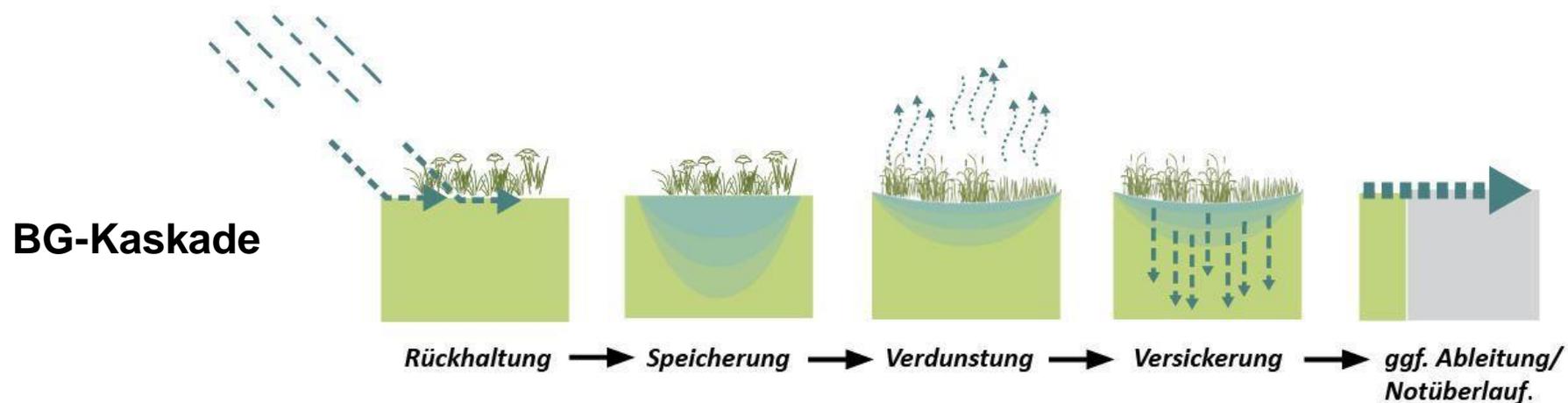
- Vitale Baumstandorte/ Baumrigole
- Intelligente Zisterne
- Boden bzw. Straßenbegleitgrün als Wasserspeicher

Verdunstung

- Teiche/ Flächen
- Dach-oder Fassadenbegrünung
- Straßenbegrünung
- Urban gardening

Versickerung

- Durchlässige Flächenbeläge
- Regenwasserversickerung mit/ohne Behandlung
(Flächen-, Mulden-, Rigolen-Schachtversicker.)



Regenwasser der Straßenräume (für Bewässerung und Verdunstung) nutzen vor Versickern und vor Ableiten

BlueGreenStreets / 2.0

Elemente einer wassersensiblen und hitzeangepassten Straßenraumgestaltung
- implementieren, evaluieren, verfestigen -

01.09.2022 - 31.08.2024

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Fragestellungen:

Wie können Bestandsstraßen zukünftig klimaangepasster gestaltet werden?



Methodik: Research by Design

Aus der Begleitung der Prozesse lernen - in den Pilotprojekten möglichst viele BGS-Elemente zu verwirklichen

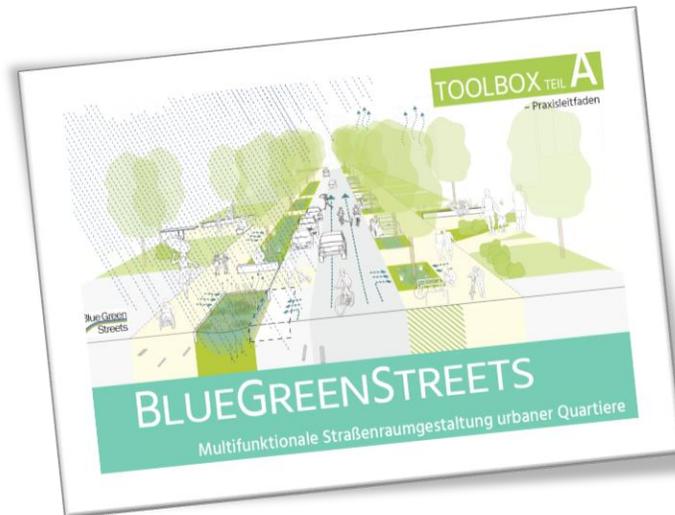
Ergebnis:

Entwicklung der Toolbox im Praxistest in Zusammenarbeit mit Gemeinden und Städten

BGS-Toolbox als Planungshilfe für Kommunen+Büros

Praxisleitfaden

– Planung/Betrieb, Prinzipien/Elemente



Steckbriefe

– Details zur Ausführung der BGS-Elemente

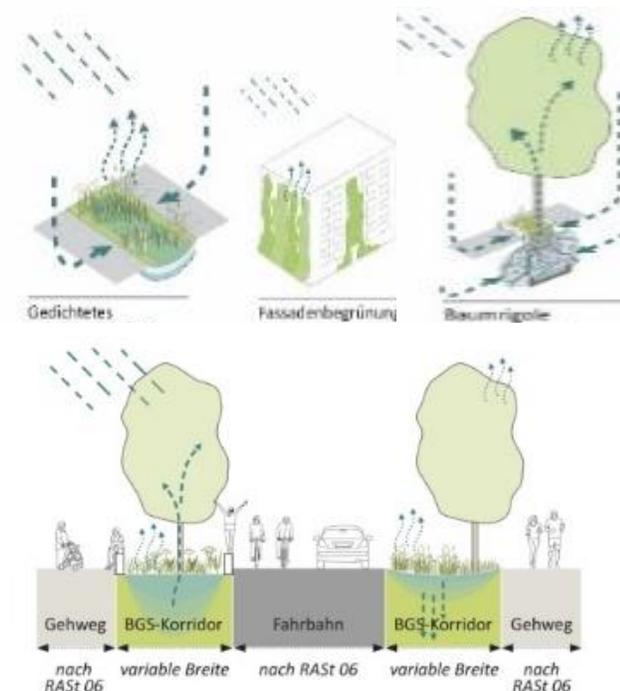


Die Toolbox in zwei Teilen steht als Download bereit:

<https://repos.hcu-hamburg.de/handle/hcu/638>

Inhalte und Aufbau der Toolbox

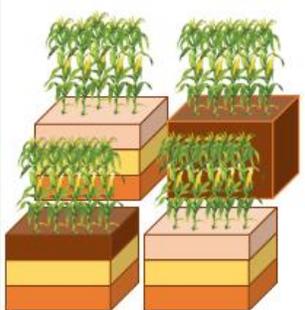
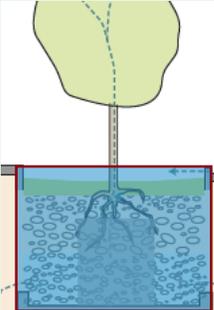
- BGS-Entwurfselemente
- BGS-Beispielquerschnitte als Empfehlungen für typische Entwurfsituationen (Wohn-, Sammel-, Quartiers-, örtliche Geschäfts-, Hauptgeschäfts- und Verbindungsstraße)
- Orientierungswerte für den Flächenbedarf von BGS-Elementen
- Empfehlungen für den Prozessablauf von multicodierten Straßenraumentwürfen



	Wandlungselemente	Tiefbau	Raumzüge	
Toolbox: Orientierungswerte Regenwasserbewirtschaftung in BGS-Strassen				
Flächenbedarf bei Anlieger von Verkehrsmitteln	18 %	0 %	18 %	
Kombination mit ...	Flächenbedarf in %			Produktion Flächenbedarf
Verdunstungskühlung	00 % - 00 %	00 % - 00 %	00 % - 00 %	00 % - 00 %
Verdunstungsbedeckung	00 % - 00 %	00 % - 00 %	00 % - 00 %	00 % - 00 %
Stauraum	00 % - 00 %	00 % - 00 %	00 % - 00 %	00 % - 00 %
Flächennutzung	00 % - 00 %	00 % - 00 %	00 % - 00 %	00 % - 00 %



M2.4 Stoffbezogene Implementationshindernisse

Laborversuch	Laborversuch	Halbtechnischer Versuch	Halbtechnischer Versuch	Halbtechnischer Versuch	In Situ Messung
Leaching – Sickerwasser	Leaching - Stauwasser	Belebte Bodenzone	Vergleich Baumsubstrate	Einfluss Baumwurzeln	Schadstoffkonz. im Bestand
					
Nährstoffe (N, P); PAK, Schwermetalle, Chlorid	Nährstoffe (N, P); PAK, Schwermetalle, Chlorid	Nährstoffe (N, P); PAK, Schwermetalle, Chlorid	Nährstoffe (N, P); PAK, Schwermetalle, Chlorid	Nährstoffe (N, P); PAK, Schwermetalle, Chlorid	Nährstoffe (N, P); PAK, Schwermetalle, Chlorid
Bewertung der stofflichen Einträge (Grundwasserschutz)	Bewertung der stoffl. Einträge (Grundwasser-schutz)	Bewertung der stoffl. Einträge (stoffl. Anreicherung)	Bewertung der stoffl. Einträge (stoffl. Anreicherung/ Verfrachtung)	Beeinträchtigung der Reinigungsleistung durch Baumwurzeln	Bewertung der stoffl. Einträge

Belastung aquatische Umwelt

Grundwasserschutz

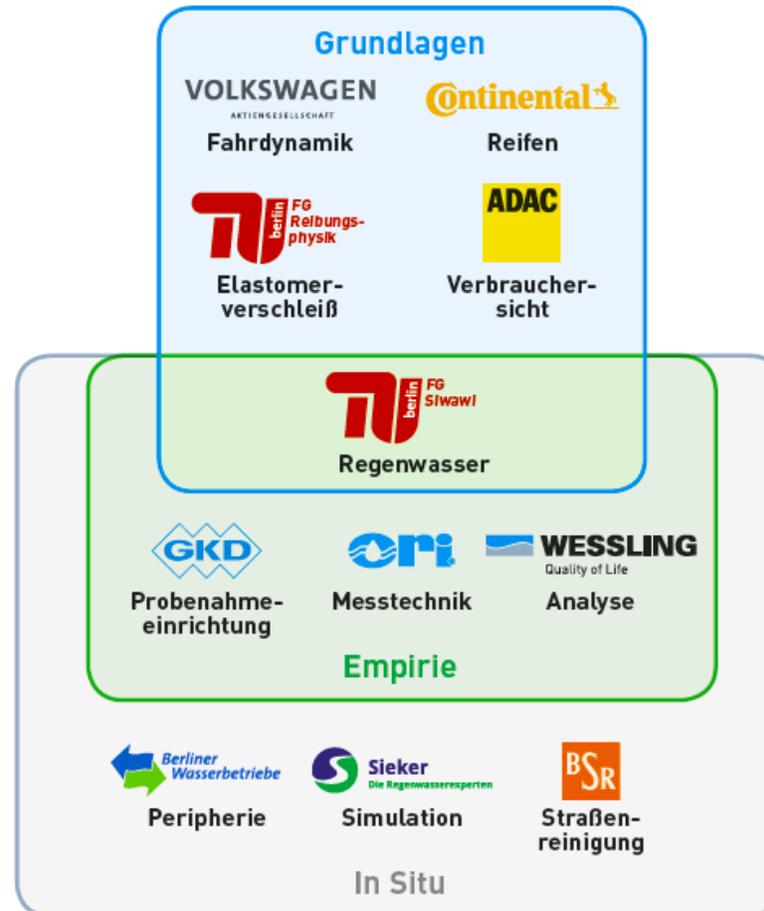
- | besondere Bedeutung des Grundwassers (über 70% des Trinkwassers ist unterirdischer Herkunft)
- | Besorgnisgrundsatz (§ 48 Absatz 1 WHG) -> eine Erlaubnis für das Einbringen oder Einleiten von Stoffen in das Grundwasser darf nicht erteilt werden, wenn eine nachteilige Veränderung der Wasserqualität „zu besorgen“ ist, d.h. nach wasserwirtschaftlichen Erkenntnissen und Erfahrungen nicht ganz unwahrscheinlich ist
- | Grundwasserverordnung stellt Kriterien für die Beschreibung, Beurteilung, Einstufung und Überwachung des Grundwasserzustands auf Außerdem sollen Maßnahmen durchgeführt werden, um den Eintrag von Schadstoffen in das Grundwasser zu verhindern oder zu begrenzen. Eine Verschlechterung des Grundwasserzustands soll verhindert werden.
 - Nitrat (NO₃⁻): 50 mg/l
 - Wirkstoffe in Pflanzenschutzmitteln und Biozidprodukten einschließlich relevanter Stoffwechsel-, Abbau- und Reaktionsprodukte: jeweils 0,1 µg/l, insgesamt 0,5
 - Arsen (As): 10 µg/l
 - Cadmium (Cd): 0,5 µg/l
 - Blei (Pb): 10 µg/l
 - Quecksilber (Hg): 0,2 µg/l
 - Ammonium (NH₄⁺): 0,5 mg/l
 - Chlorid (Cl⁻): 250 mg/l
 - Nitrit: 0,5 mg/l
 - ortho-Phosphat (PO₄³⁻): 0,5 mg/l
 - Sulfat (SO₄²⁻): 240 mg/l
 - Summe aus Tri- und Tetrachlorethen: 10 µg/l

LAWA-GFS:

- Antimon
- Zink
- Kupfer
- Eisen
- Chrom
- ...

Reifenabrieb in der Umwelt

(08/2017 – 01/2021, BMBF, 13NKE011A)



Reifenabrieb Zusammensetzung und Emissionen

Reifenmaterial	verwendetes Bauteil	Massenanteil im Abrieb [%]
Kautschuk	Laufstreifen/ Seitenstreifen	42
	Laufstreifen/ Innenschicht/ Kernprofil	
Füllstoffe (Ruß/ Silica)	Laufstreifen (Zur Herstellung des Kautschuks)	34
Mineralöle	Laufstreifen	17
Weitere Stoffe (Zink-Seifen; Zink-; Blei-; Cadmiumoxid; PAK; Schwefel)	Laufstreifen (Zur Herstellung des Kautschuks, Chemikalien für Vulkanisierung)	7

[Kocher 2010]

Umweltrelevante Stoffe (gemäß WRRL)

- Schwermetalle

1.375 t/a (davon 1.255 t Zink) emittierte Schwermetalle aus dem Reifenabrieb [Kocher 2010]

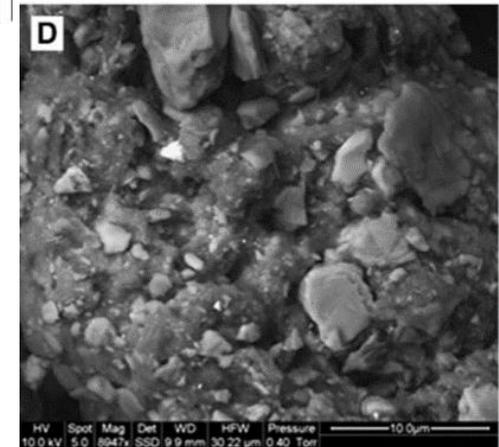
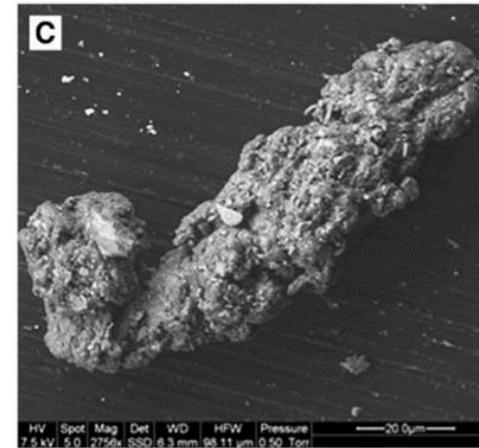
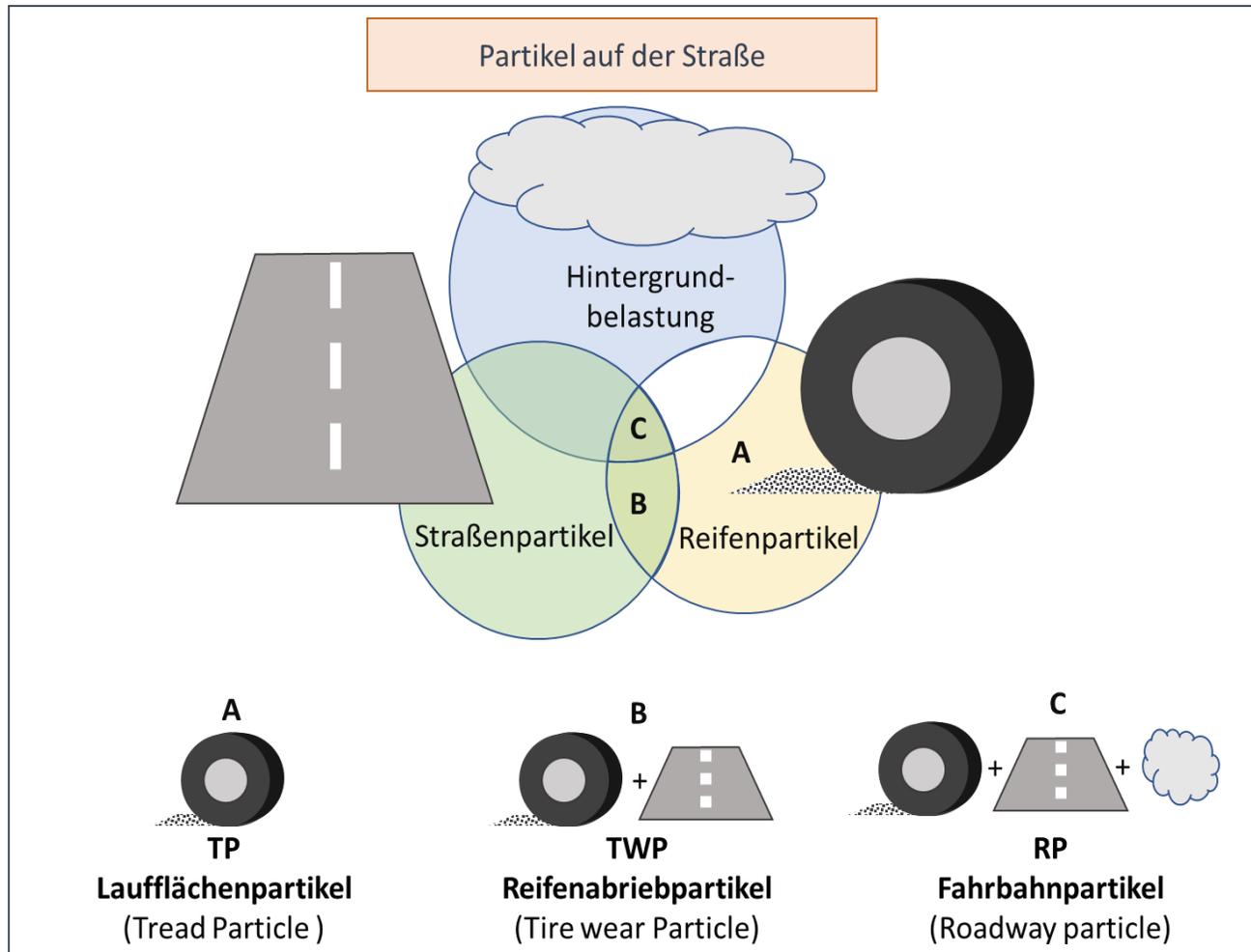
- PAK

PAK-Emissionen im Straßenverkehr aus Reifenabrieb 580 t/a [UBA 2010]

- Octylphenol:

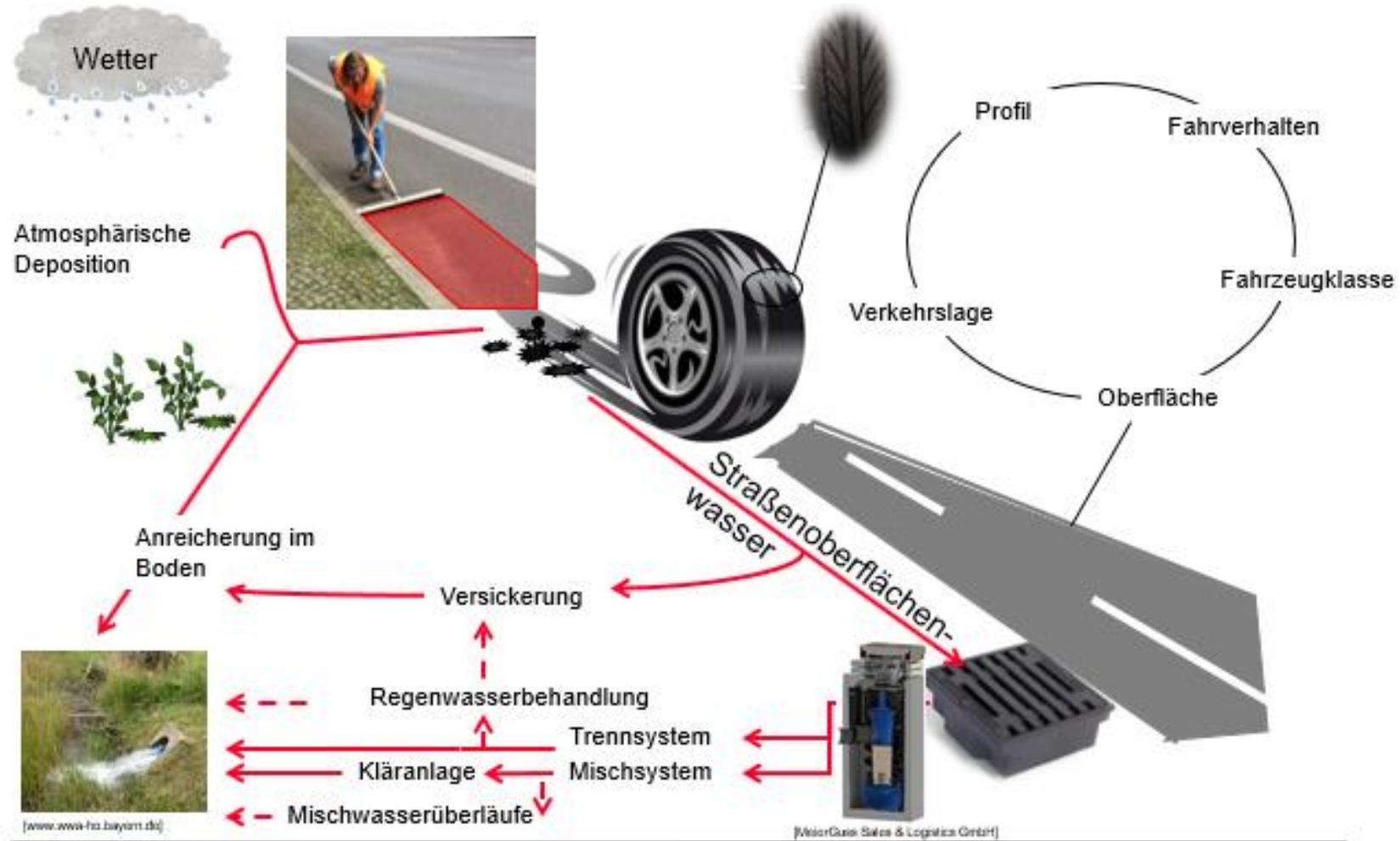
Eintrag in die Oberflächengewässer beträgt 42,9 t/a, davon 95 % Emission aus Reifenabrieb [UBA 2007]

Übersicht der verschiedenen Definitionen für Reifenabrieb

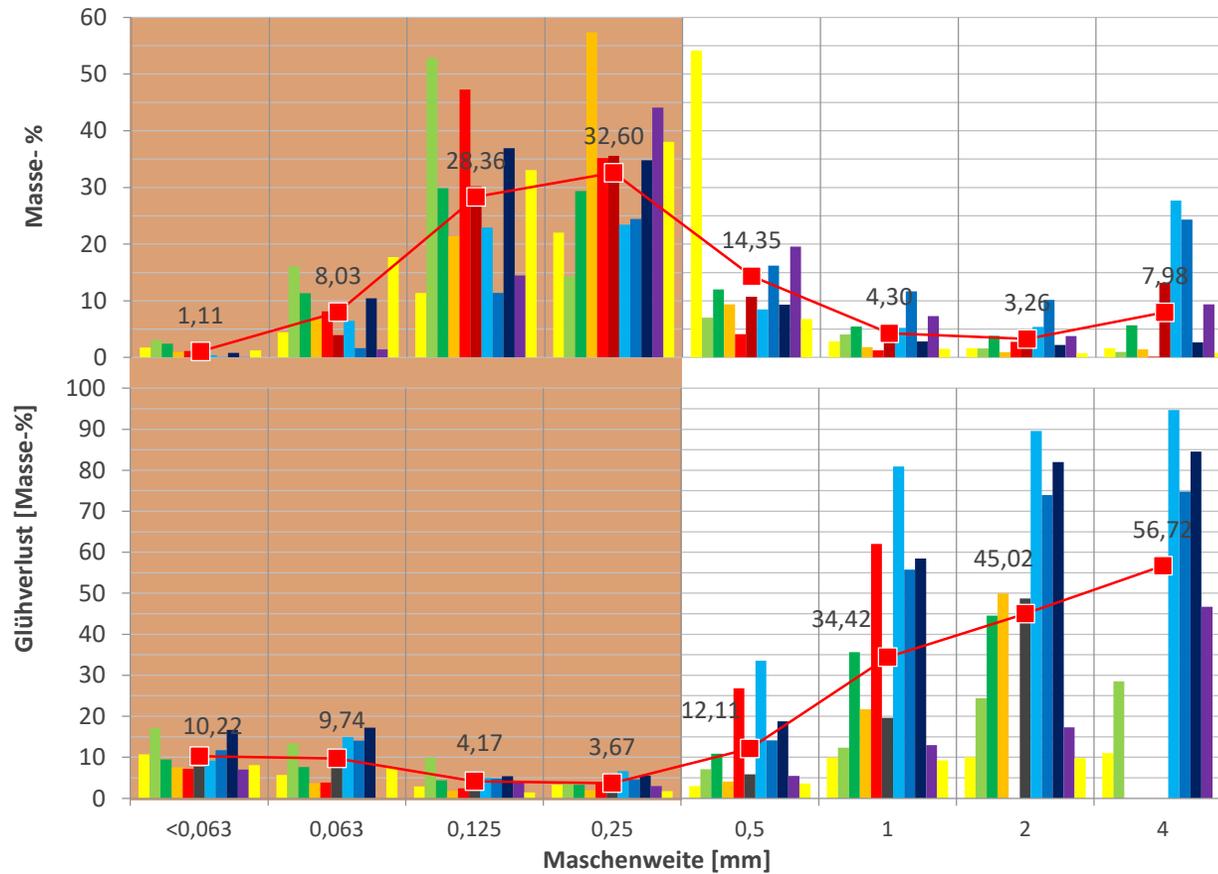


[Kreider et al. 2009]

Eintragungspfad in die aquatische Umwelt



Straßenkehrrichtanalysen



bedenklichste Fraktion für NS-Abfluss
 $d < 0,125\text{ mm}$

Anstieg GV = Hinweis auf org. Schadstoffe



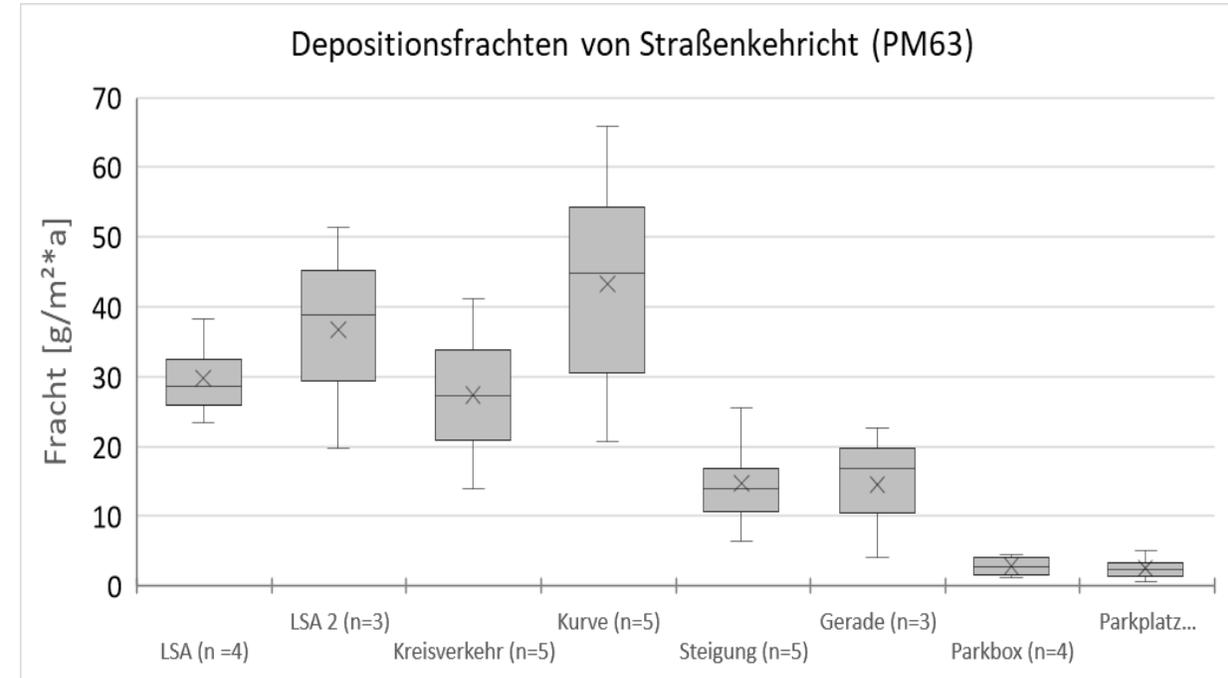
- März
- April
- Mai
- Juni
- Juli
- Aug
- Sept
- Okt
- Nov
- Dez
- März '17
- Mittelwerte

Identifizierung von HotSpots

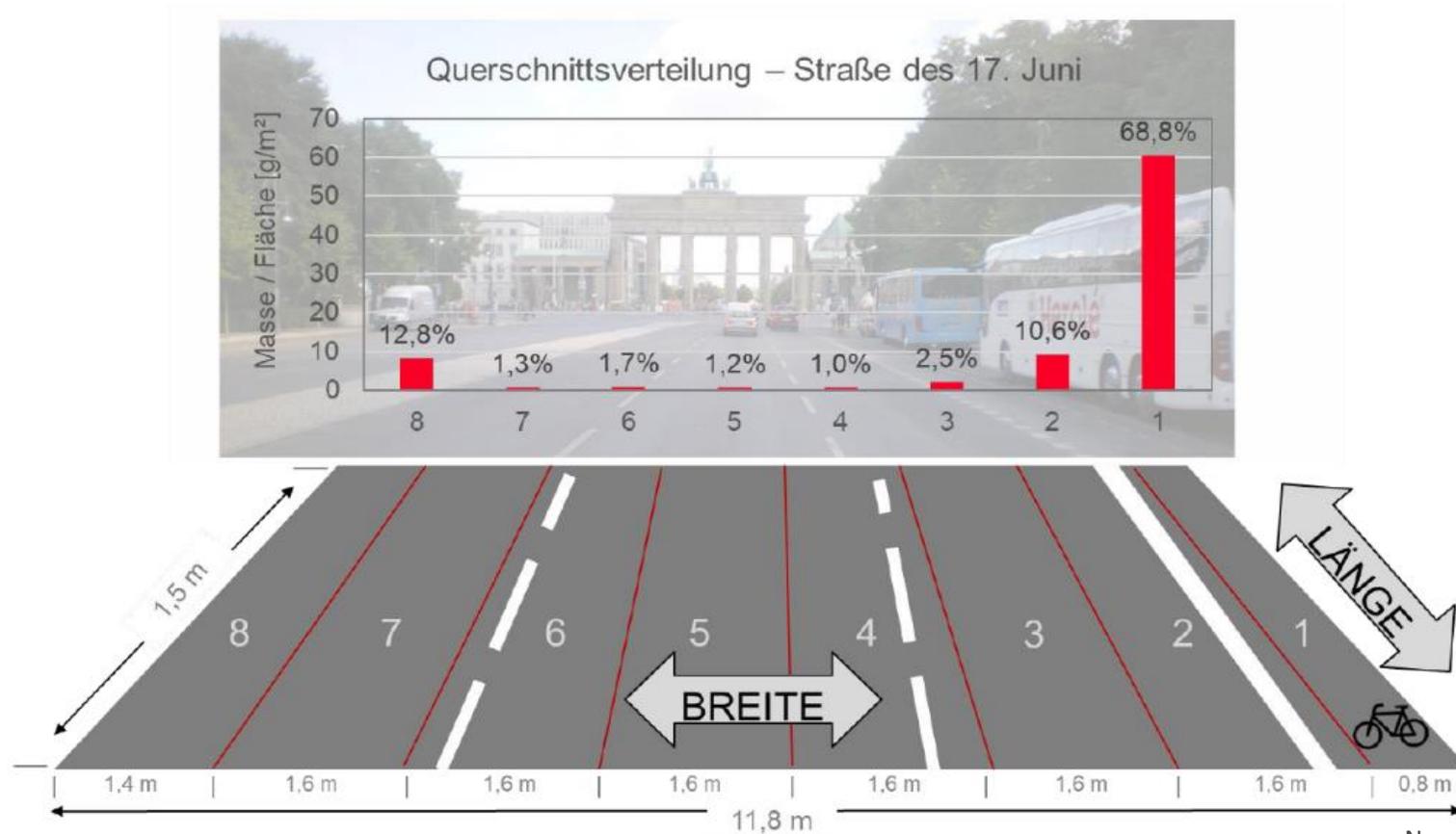


Standorte:

- ➔ Scheringstraße: Kreisel 
- ➔ Gerichtstraße Ecke Hochstraße: Parkplatz 
- ➔ Hochstraße 42, 13357 Berlin: Steigung 
- ➔ Hochstraße 21, 13357 Berlin: Gerade 50 km/h 
- ➔ Hochstr. Ecke Böttgerstr., 13357 Berlin: Kurve 
- ➔ Böttgerstr. Ecke Badstr., 13357 Berlin: Ampel 

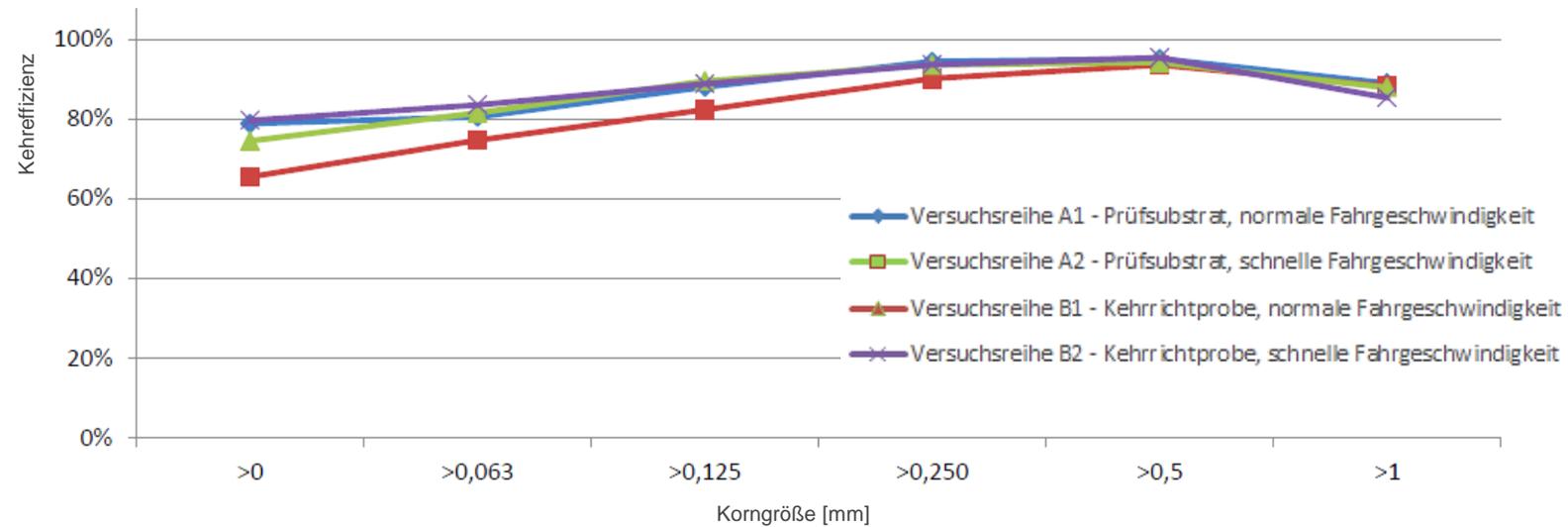


Partikel-Massenverteilung im Querprofil der Straße



Neupert, (2018) S. 45 – 46

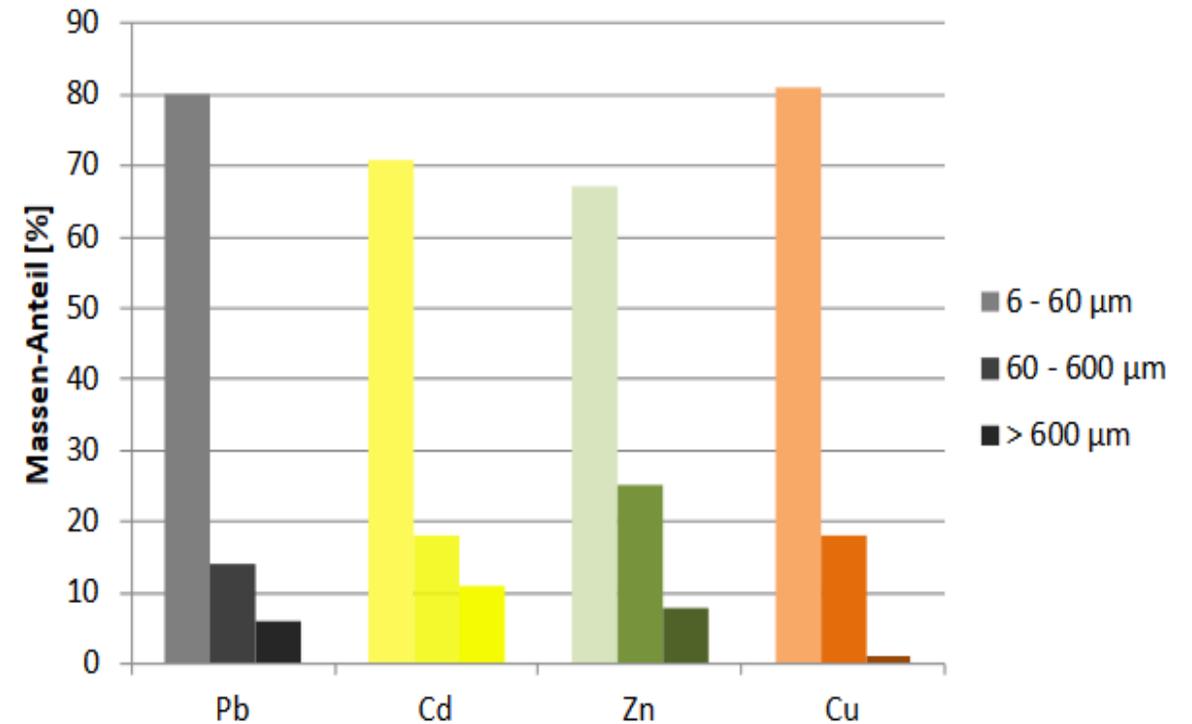
Untersuchung Straßenreinigung



Warum ist der AFS63 im Regenwasser relevant?

- Adsorptionsverhalten an Feinpartikeln < 63 μm

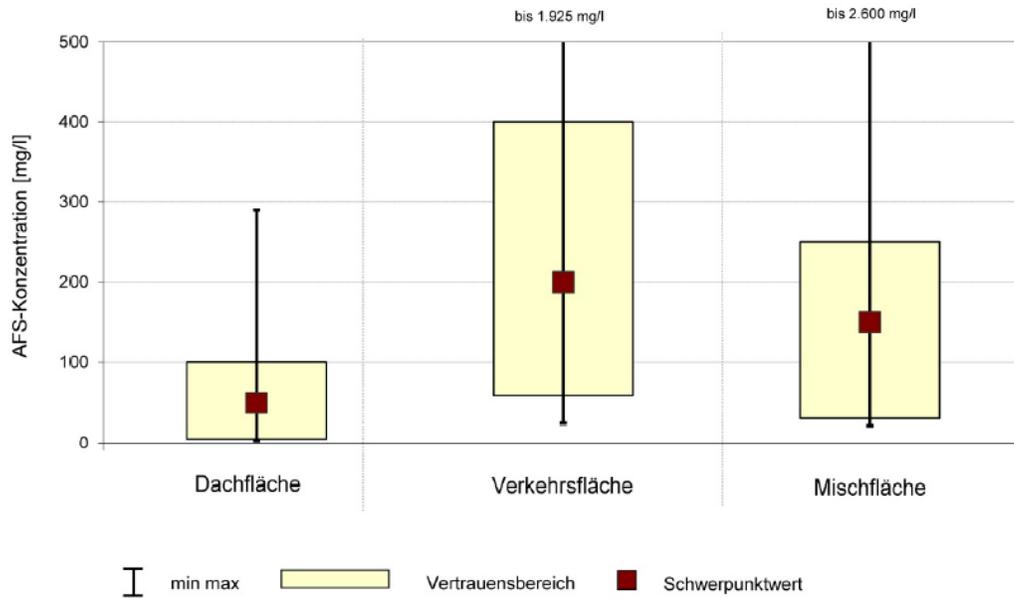
- Kupfer: 10% - 65%
- Cadmium: 15% - 60%
- Zink: 10% - 60%
- Blei: 10% - 70%



Verteilung der Massenanteile der im Niederschlagswasser enthaltenen, partikulär gebundenen Schwermetalle; entnommen aus (Xanthopoulos & Hahn 1993)

Belastung Niederschlagswasser

Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer

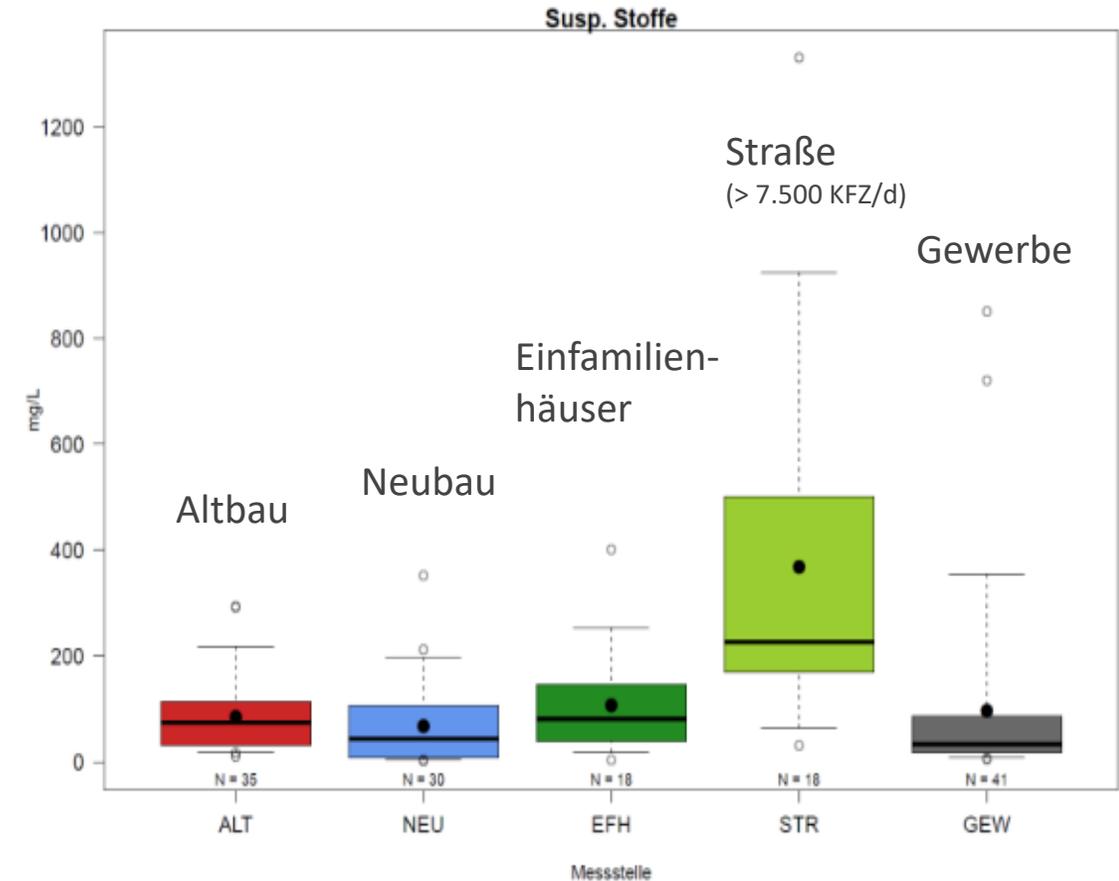


stofflichen Belastung des Regenwassers in Abhängigkeit der Herkunftsfläche

Kategorie	Flächenspezifischer Stoffabtrag $b_{R,3}$ für AFS63 in kg/(ha-a)
Kategorie I	280
Kategorie II	530
Kategorie III	760

**Arbeitsblatt
DWA-A 102/ BWK-A 3**

Ereignismittelwerte für AFS im Regenwasserabfluss Berlins für die Stadtstrukturen: Forschungsprojekt *OgRe*; entnommen aus (Wicke et al. 2015)

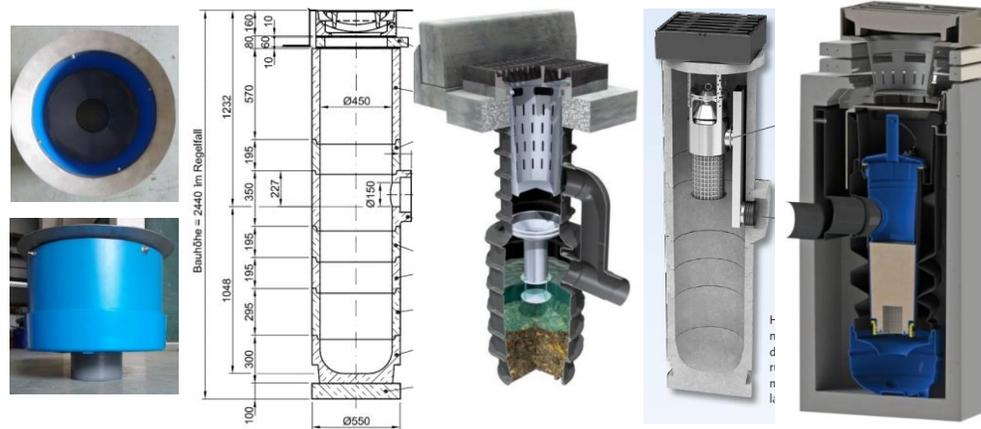


Decentralized stormwater treatment - DSWT

(Laufzeit 11/2012 – 09/2015, EFRE, 11315 UEPII/2)

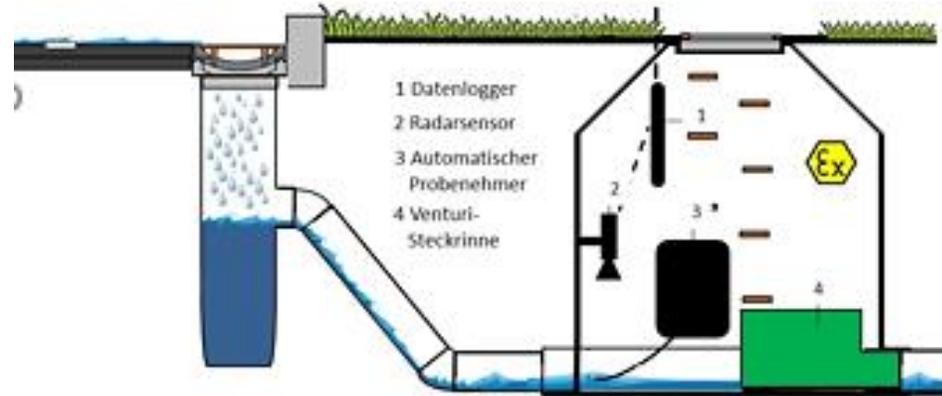
Nachweis der **Leistungsfähigkeit** und **Wirkung** verschiedener dezentral einsetzbarer Anlagen zur Reinigung von Straßenabflüssen in Bereichen der Trennkanalisation

- Referenzablauf für Zulaufprobenahme
- Nassgully mit Schlammfang mit und ohne Eimer
- Separationsstraßenablauf Combipoint, ACO Tiefbau Vertrieb GmbH
- INNOLET®-G, Berliner Variante, Funke Kunststoffe GmbH
- BUDAVICI Typ-N, MeierGuss Sales & Logistics GmbH & Co. KG



Probenahme Clayallee

- Straße 3-streifig je Richtung (inkl. Parkstreifen)
- 29.600 Kfz/d (inkl. Schwerlast-, Omnibusverkehr, keine Kreuzung, keine Bushaltestelle)
- 200 m Länge, 6 Straßeneinläufe umfassend (Anschlussfläche 360 m²)
- Trennsystem -> Püklärteich (abflusslos, hypertroph)
- Ereignisgesteuerte, automatische Probenahme
- Kontinuierliche Teilstromentnahme 2,8 l/min
- SMS Benachrichtigung



Schadstoffbelastung Niederschlagswasserabfluss

Verkehrsflächen – First Flush

AFS-Zulaufkonzentration

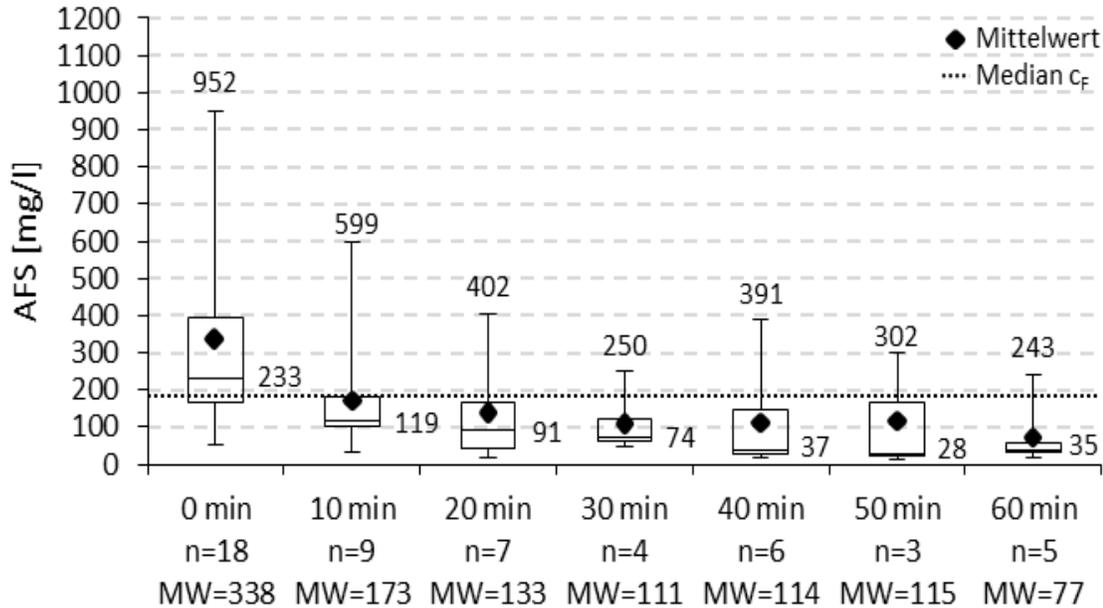


Tabelle 11 Stoffkonzentrationen in den Straßenabflüssen zusammengetragen aus Literaturangaben, Quelle: BGS, TU Berlin.

Stoff	Mittelwert	Median	Minimum	Maximum
AFS grob (mg/l)	215,81	143,13	7,4	1925
AFS grob (kg/ha/a)	801,70	727	357	2121
AFS fein (< 63 µm) (mg/l)	109,25	100,5	72	164
AFS fein (< 63 µm) (kg/ha/a)	530,50	515,5	260	778
Cu (µg/l)	78,96	57	1,1	1143
Cu (g/ha/a)	500,47	383	30	3780
Cr (µg/l)	25,71	10,5	0,2	800
Cr (g/ha/a)	155,01	75,4	12	972
Zn (µg/l)	657,50	300	19	41000
Zn (g/ha/a)	2879,09	2000	147	26465
Cd (µg/l)	5,51	1,6	0	92,9
Cd (g/ha/a)	15,96	8,05	0,6	72
Ni (µg/l)	21,06	11,2	1	426
Ni (g/ha/a)	268,33	145	41	1000
Pb (µg/l)	152,76	47,8	0,63	6200
Pb (g/ha/a)	1221,67	250	17	15920
Fe (µg/l)	7872,65	2429	1,74	89000
Fe (g/ha/a)	15,20	16,3	12,7	16,6

GFS (LAWA)

14 µg/l

7 µg/l

58 µg/l

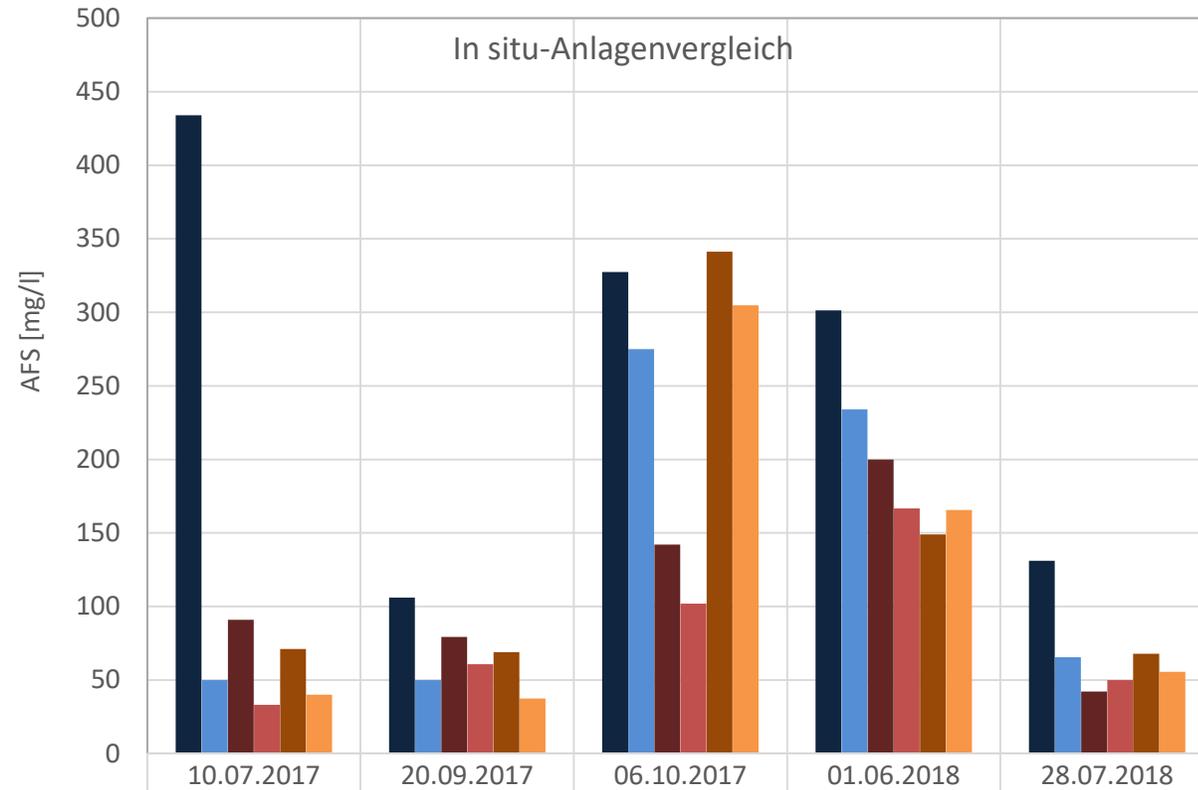
0,5 µg/l

14 µg/l

7 µg/l

	AFS [mg/l]	AFS63 [mg/l]	CSB [mg/l]	P _{ges} [mg/l]	Zink [mg/l]	Kupfer [mg/l]	PAK [µg/l]
Verkehrsabfluss Schwerpunkt wert (Vertrauensbereich) [DWA 2010]	200 (60-400)	100	100 (30-150)	0,5 (0,2-1,2)	0,44 (0,2-0,6)	0,08 (0,03-0,25)	2,5 (1,5-7,0)
Clayallee MW c _f n=15	223	125	267	0,92	0,81	0,31	-
Clayallee Median c _f n=15	181	71	299	0,79	0,62	0,25	-

Vergleich- AFS Rückhalte In Situ Betrieb



	10.07.2017	20.09.2017	06.10.2017	01.06.2018	28.07.2018
■ AFS Referenz	434	106	327	301	131
■ AFS63 Referenz	50	50	275	234	66
■ AFS Innolet-G	91	79	142	200	42
■ AFS63 Innolet-G	33	61	102	167	50
■ AFS Budavinci	71	69	341	149	68
■ AFS63 Budavinci	40	37	305	166	56

Mittel	Rückhalt
260 mg/l	-
135 mg/l	-
111 mg/l	57 %
82 mg/l	39 %
140 mg/l	46 %
121 mg/l	11%

Teststand TUB Siedlungswasserwirtschaft

- Definierte Volumenströme von 0,1 l/s bis 16 l/s
- Möglichkeit definierte Prüfstoffe/ Kunststoffe zu dosieren
 - PS $\rho = 1,05 \text{ g/cm}^3$
 - PE $\rho = 0,95 \text{ g/cm}^3$
 - Reifenmehl $\rho = 1,17 \text{ g/cm}^3$
- **Probenahme**
 - Kontinuierlich über gesamte Versuchsdauer/Volumenstrom
 - Trenngrenze 50 μm
- **Analyse**
 - Austrag wird nach den Versuchen getrocknet
 - Rückhalt wird gravimetrisch bestimmt

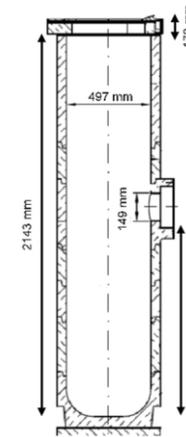


[www.frisch.de]



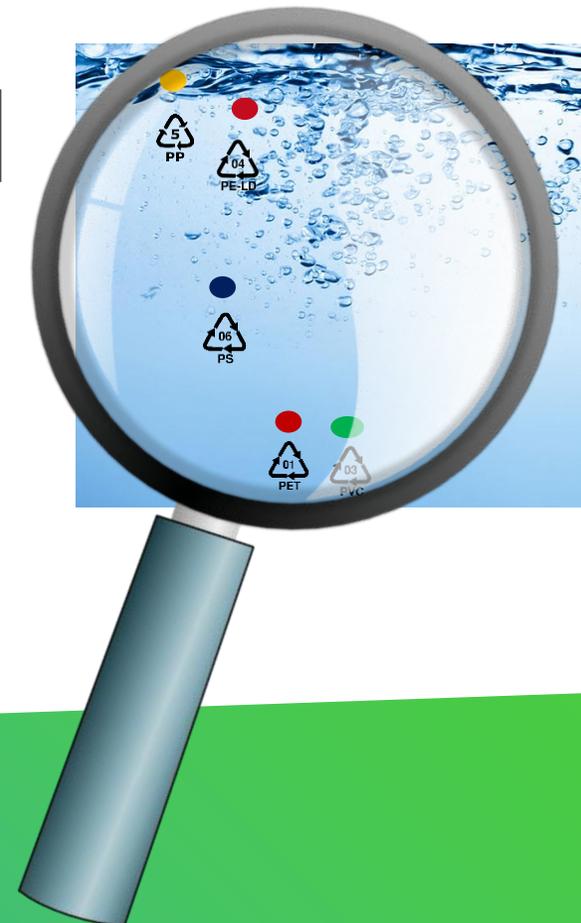
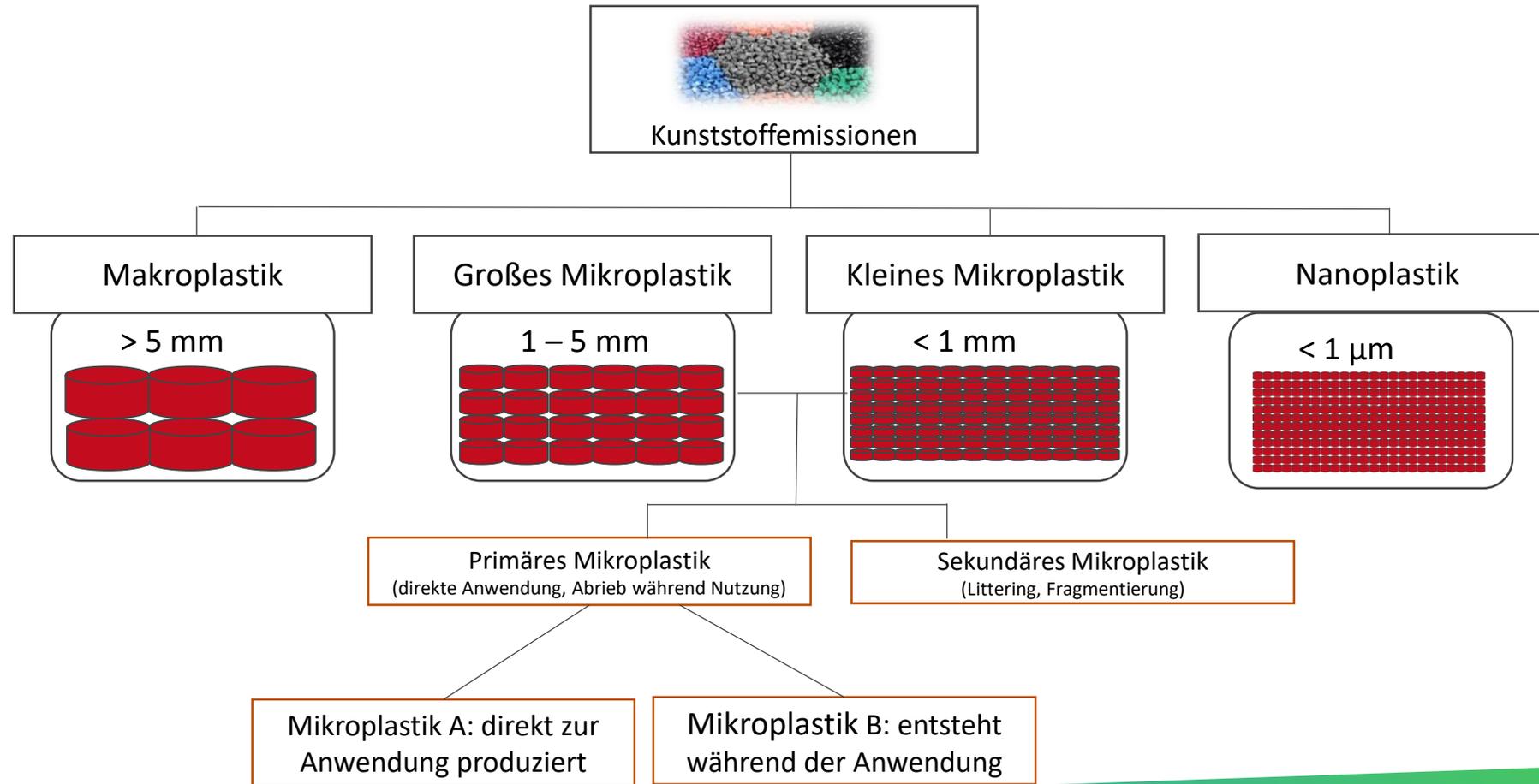
[www.chemie.de]

Mikroplastikrückhalt am Teststand – Vergleich Gesamtrückhalt



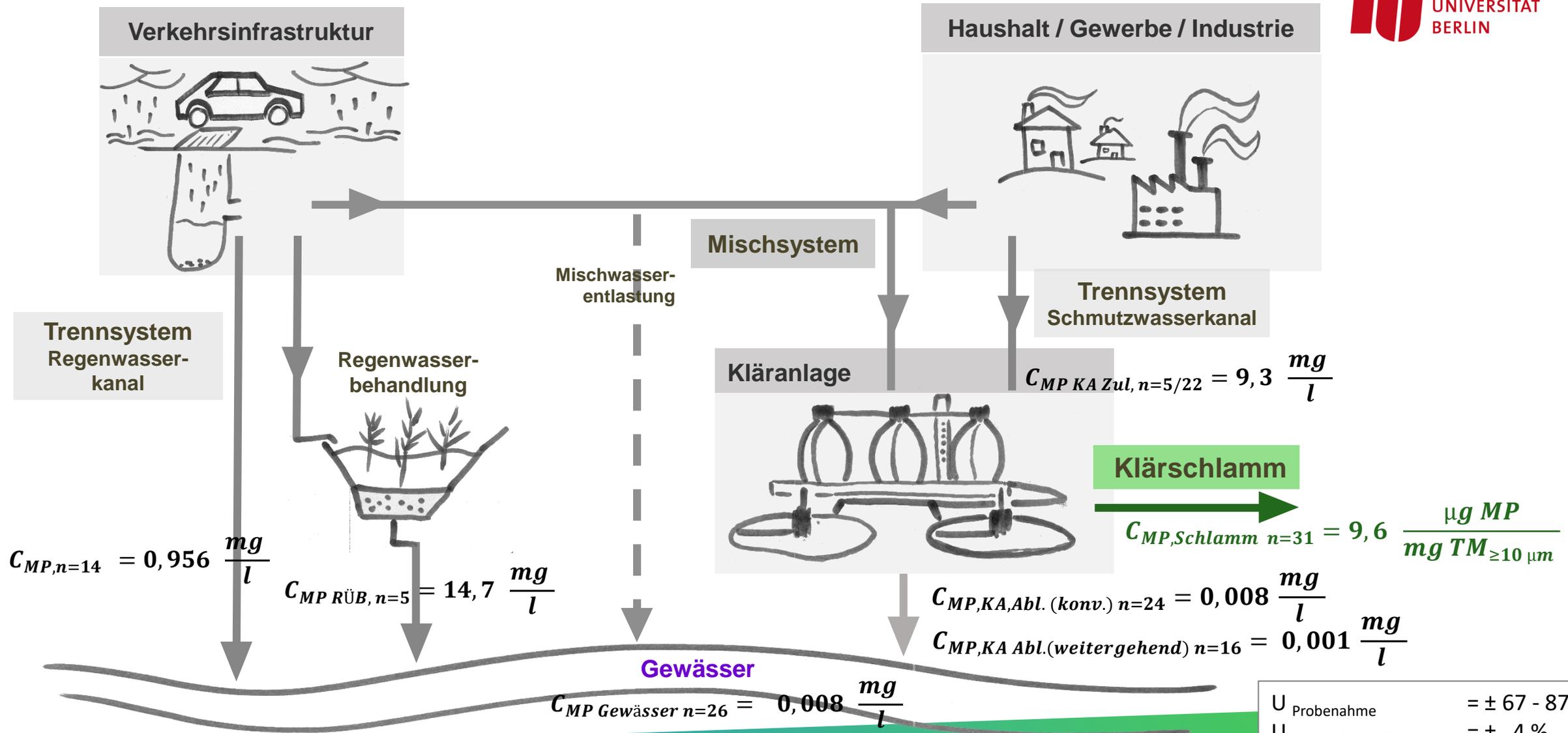
		Budavinci			Innolet			Nassschlammfang		
		PE 145	PS 298	Reifen- mehl	PE 145	PS 298	Reifen- mehl	PE 145	PS 298	Reifen- mehl
Zugabe	[g]	115,2	115,2	115,2	115,2	115,2	115,2	115,2	115,2	115,2
Ausgespült	[g]	70,3	39,2	36,8	65,5	25,7	21,7	108,6	103,6	51,7
Gesamtrückhalt	[%]	39	66	68	43	78	81	6	10	55
Wirkungs- grad	[%]	58			67			24		

Größenklassen von Kunststoffemissionen in der Umwelt



⇒ Klassierungen 5000 µm, 1000 µm, 500 µm, 100 µm, 50 µm, 10 µm

Mikroplastik-Eintragspfade in der Siedlungswasserwirtschaft



U Probenahme	= ± 67 - 87 %
U Feldprobenaufbereitung	= ± 4 %
U Probenaufbereitung	= ± 31 %
U Detektion	= ± 20 - 53 %
U Analyse, PE	= ± 85 %

Qualität Gleisabwasser

- Beprobung und Analyse des vom Hochbahnviadukt abfließenden Regenwassers
- Ziel: Feststellen der Qualität des Niederschlagswasserabflusses und evtl. Nutzbarmachung für die Bewässerung von urbanen Grünflächen



Regenwasserleitung/ Fallrohr

Anschluss Abführungsleitung über Revisionsklappe

First Flush- Auffangbehälter

1000 l Edelstahltank mit Notüberlauf/ Rückführung



- FirstFlush-Effekt anhand der Parameter AFS | AFS 63 | PAK zu erkennen
- Schadstoffe liegen hauptsächlich partikulär gebunden vor – eine Akkumulation in der Bodenzone ist zu beachten
- Hohe CSB-Belastung; in Bezug auf DIN 19684 grenzwertig
 - Regenwasser muss behandelt werden – alles Regenwasser was nicht zur Bewässerung genutzt wird, muss zur Kläranlage
- Sehr hohe PAK-Belastung, Schwermetalle mit einzelnen Grenzwertüberschreitungen, PBSM und PFAS sind weitere problematische Stoffgruppen
- aufgrund der Spurenstoffe keine naturnahe Aufbereitung – eher Sorption an Aktivkohle

Planungsgrundsätze im Umgang mit Regenwasser

- Anstelle Ableitung über die Kanalisation sofortige Versickerung und Retention vor Ort
- Stabilisierung lokaler Wasserkreislauf
- Nutzung des Niederschlags als lokale Ressource

- Erfordernisse des Boden- und Gewässerschutzes
- OGew: bei mäßig bis stark belastetes Regenwasser ist grundsätzlich eine geeignete technische Behandlung erforderlich
- Grundwasser: Versickerung und ggf. Behandlung gemäß Arbeitsblätter DWA
- Unterschiedliche Belastungsszenarien -> unterschiedliche Behandlungsmöglichkeiten

- Weg von der End-of-pipe-Fokussierung
- Barriersystem für Abwasser – keine unbehandelten Einleitungen
- Vermeidungsmaßnahmen direkt bei den Emissionsquellen => Kostenbeteiligung im Sinne des Verursacherprinzips

Abwasserbeseitigungsmanagementpläne

- für EZG > 100.000 EW
- Mindestvorgaben: Beschreibung der Kanalisation einschl. Niederschlagswasserbeseitigung, eine dynamische Analyse der Einleitungen einschl. der Behandlungskapazitäten und Mischwasserabschläge
- Anforderungen an Mischwasserabschläge: es soll nicht mehr als 1 % des jährlichen Trockenwetterabflusses über Mischwasserabschläge eingeleitet werden

Neue und verschärfte Anforderungen an die Reinigung

- Bis 2035 Ausstattung aller Kläranlagen (GK 5) mit weitergehenden Abwasserreinigung für Mikroschadstoffe
- Reduktion um mind. 80 % von mind. 6 der insgesamt 12 benannten Stoffe (Amisulprid, Carbamazepin, Citalopram, Clarithromycin, Diclofenac, Metoprolol – Kat. II: Benzotriazol, Candesartan, Irbesartan, Gemisch aus 4-Methylbenzotriazol, & 6-Methyl-Benzotriazol)
- Konkretisierung zu nicht-häuslichen (ehemals industriellen) Indirekteinleitungen
- Ausweitung der finanziellen Herstellerverantwortlichkeit im Bereich der Abwasserreinigung
 - V.a. Arznei- und Kosmetikbranche
 - der Beitrag richtet sich nach Toxizität und Quantität der in Umlauf gebrachten Produkte

Überwachung

- Erfassung u.a. auch von MP-Einleitungen für KA (GK 4,5) > 10.000 EW sowie Vorkommen von MP in Klärschlamm
- Für die Überwachung soll ein neues, auf digital verfügbaren Daten basierendes System zur Berichterstattung eingeführt werden, die Daten sollen tw. für Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden

Risikobewertung und –management für Abwassereinleitungen in Bezug auf Trinkwasser, Badegewässer und Aquakulturen

Gesundheitsparameter-Monitoring

- Identifizierung regionaler Eintrags-Hotspots zur Eindämmung bestimmter Gesundheitsparameter, z.B. das Abwasser von mind. 70 % der Bevölkerung soll auf das Genom des Corona-Virus getestet werden

[Elgeti, T.; Durinke, C.; Plate, C.: Der Entwurf der neuen EU-Kommunalabwasserrichtlinie – Was kann, was wird sich ändern?, KA Abwasserwirtschaft, Ausgabe 03/2023, Henne]

- (Lenderink & Meijgaard 2010) Lenderink G. und E. van Meijgaard, 2010: Linking increases in hourly precipitation extremes to atmospheric temperature and moisture changes. Environ. Res. Lett., 5, 025208, doi:10.1088/1748-9326/5/2/025208.
- (DWD 2016a) Deutscher Wetterdienst (DWD) (2016): : Starkniederschläge in Deutschland; Deutscher Wetterdienst (Hg.), Offenbach am Main, online verfügbar unter:
https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimareports/download_einleger_report_2016.pdf?_blob=publicationFile&v=1
- (DWD 2016b) Becker, P.; Becker, A.; Dalelane, C.; Deutschländer, T.; Junghänel, T.; Walter, A. (2016): Die Entwicklung von Starkniederschlägen in Deutschland - Plädoyer für eine differenzierte Betrachtung; Deutscher Wetterdienst (Hg.); online verfügbar unter:
https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/niederschlag/20160719_entwicklung_starkniederschlag_deutschland.pdf?_blob=publicationFile&v=3
- (LfU 2016) Naturnaher Umgang mit Regenwasser – Verdunstung und Versickerung statt Ableitung; Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU); online verfügbar unter:
https://www.lfu.bayern.de/wasser/umgang_mit_niederschlagswasser/index.htm
- (UBA 2023) Umweltbundesamt (2023): Siedlungs- und Verkehrsfläche; Werte aus Statistisches Bundesamt 2023, Erläuterungen zum Indikator "Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche,„; online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/flaeche/siedlungs-verkehrsflaeche#anhaltender-flachenverbrauch-fur-siedlungs-und-verkehrszwecke>
- (DWA 2010) Schmitt, T. G.; Welker, A.; Dierschke, M.; Uhl, M.; Maus, C.; Remmler, F. (2010): Entwicklung von Prüfverfahren für Anlagen zur dezentralen Niederschlagswasserbehandlung im Trennverfahren. Schlussbericht an die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, Hennef, Juli 2010

- (Grotehusmann/ Kasting 2008) GROTEHUSMANN, D.; KASTING, U. (2009): Vergleich der Reinigungsleistung von Retentionsbodenfiltern und Versickeranlagen an Bundesfernstraßen. 95 S. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 1024. BMVBS, Abt. Straßenbau, Bonn
- [Beer et al 2011) BEER, F.; SURKUS, B.; KOCHER, B. (2011): Stoffeintrag in Straßenrandböden Messzeitraum 2008/2009, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 209
- (BAST 2017) Grotehusmann, D.; Lambert, B.; Fuchs, S.; Graf, J. (2017): Konzentrationen und Frachten organischer Schadstoffe im Straßenabfluss; Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST); Verkehrstechnik Heft V 295; ISBN 978-3-95606-246-6
- (LfU 2008) Bayerisches Landesamt für Umwelt (2008): Bodenkundliche Untersuchungen im Rahmen des Entwicklungsvorhabens „Versickerung des Niederschlagswassers von befestigten Verkehrsflächen“
- (Schmitt et al. 2010)] Schmitt, T. G.; Welker, A.; Dierschke, M.; Uhl, M.; Maus, C.; Remmler, F. (2010): Entwicklung von Prüfverfahren für Anlagen zur dezentralen Niederschlagswasserbehandlung im Trennverfahren; Schlussbericht an die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, Hennef
- (DWA 2016) Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) (2016): Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer; Arbeitsblatt DWA-A 102/BWK-A3 (Gelbdruck); Hennef
- (Brombach Fuchs 2001) Brombach, Fuchs. (2001): Datenpool gemessener Verschmutzungskonzentrationen von Trocken- und Regenwetterabflüssen in Misch- und Trennkanalisationen, ATV-DVWK Forschungsfonds
- (Uhl et al. 2008) UHL, M.; SCHRÖER, M.; KASTING, U.; GROTEHUSMANN, D.; PODRAZA, P. (2005): Daten zur Einleitung der Abflüsse außerörtlicher Straßen in Gewässer, Wasser und Abfall 7-8
- [Kreider et al 2010] Kreider, Marisa L., Julie M. Panko, Britt L. McAtee, Leonard I. Sweet, und Brent L. Finley. „Physical and chemical characterization of tire-related particles: Comparison of particles generated using different methodologies.“ *Science of The Total Environment, Vol. 408*, 2010: 652-659.
- Heißing, Bernd, Metin. Ersoy, und Stefan Gies. Fahrwerkhandbuch : Grundlagen, Fahrdynamik, Komponenten, Systeme, Mechatronik, Perspektiven. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2013.
- Leister, Günter. Fahrzeugräder - Fahrzeugreifen : Entwicklung - Herstellung - Anwendung. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2015.
- Evans, Russ, und Anne Evans. The Composition of a Tyre: Typical Components. Banbury: The Waste & Resources Action Programme, 2006.
- Matschinsky, Wolfgang. Radführungen der Straßenfahrzeuge: Kinematik, Elasto-Kinematik und Konstruktion. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2007.
- (Kocher et al. 2010) Kocher, Birgit, et al. 2010. Stoffeintrag in Straßenrandböden Messzeitraum 2005/2006. Bundesanstalt für Straßenwesen. 27511 Bremerhaven : Verlag für neue Wissenschaft GmbH, 2010. ISBN 978-3-86918-056-4.
- (Wicke et al . 2015) Wicke, D., Matzinger, A., Rouault, P. (2015): Relevanz organischer Spurenstoffe im Regenwasserabfluss Berlins, Abschlussbericht 11 40 9 U EP II /2, Kompetenzzentrum Wasser Berlin (KWB), online verfügbar: <https://publications.kompetenz-wasser.de/pdf/Wicke-2015-801.pdf> (zuletzt geprüft 22.05.2022)
- (Xanthopoulos & Hahn 1993) Xanthopoulos, C.; Hahn, H.H. (1993): Anthropogene Schadstoffe auf Straßenoberflächen und ihr Transport mit dem Niederschlagsabfluss. Abschlussbericht. Niederschlagsbedingte Schmutzbelastung der Gewässer aus städtischen befestigten Flächen. Phase 1 – Teilprojekt 2, Eigenverlag des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft, Universität Karlsruhe



GKD: <https://doi.org/10.2314/GBV:1663241368>

TU Berlin: <https://doi.org/10.2314/KXP:1668026260>

BAM: <https://doi.org/10.2314/KXP:1668022516>

Invent: <https://doi.org/10.2314/KXP:1668024845>

KWB: <https://doi.org/10.2314/KXP:1668019493>

UBA: <https://doi.org/10.2314/KXP:1668028085>

<https://www.siwawi.tu-berlin.de/menue/forschung/oemp/>