

Schadstoffbelastung von Regenabflüssen – Relevanz der feinen Feststoffe

Antje Welker

Frankfurt University of Applied Sciences,
Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft und Hydromechanik



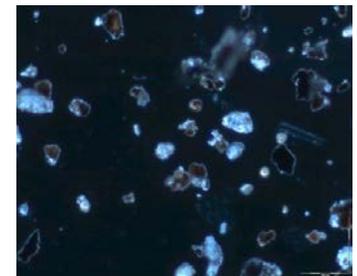
[Hürlimann et al., 2011]

Gliederung

- Begriffsbestimmung **Regenwasserabflüsse** in Siedlungsentwässerung
 - Eingrenzung Straßenabflüsse/Oberflächengewässer
- Problemstoffe in **Oberflächengewässern** und maßgebliche Emissionen

Gliederung

- **Schadstoffbelastung in Straßenabflüssen**
 - Einflussfaktoren Aufkommen
 - Darstellung Stoffspektrum
 - Bewertungsparameter → **feine Feststoffe** (AFS63)
- Implementierung **feine Feststoffe** (AFS63) in **Vorgaben**



ECLQ1/17 0-40 µm

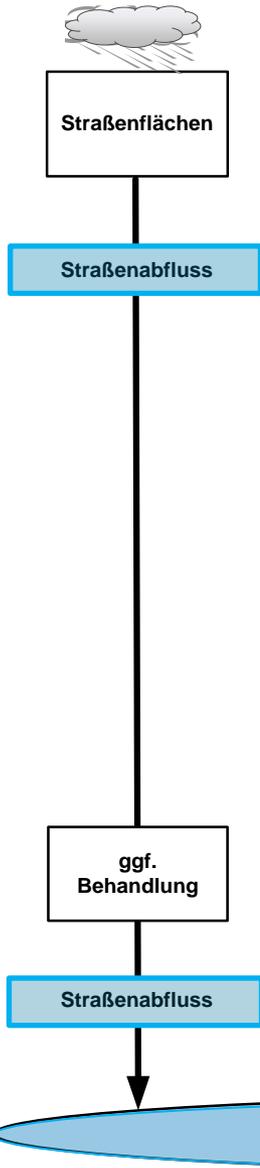
- **Untersuchungsbedarf**
 - **Bestimmbarkeit des AFS63 im Labor**
 - **Eigenschaftsgrößen von (feinen) Feststoffen in Behandlungsanlagen (hier Schwerpunkt **Sedimentation**)**
- **Fazit**



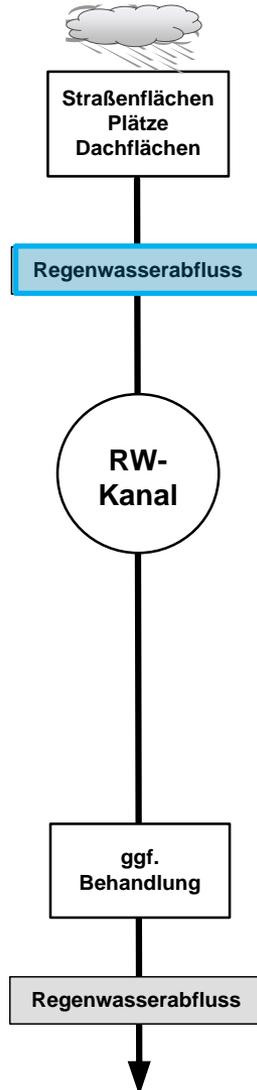
[Obertriffter, 2016]

Regenwasserabflüsse Siedlungsentwässerung

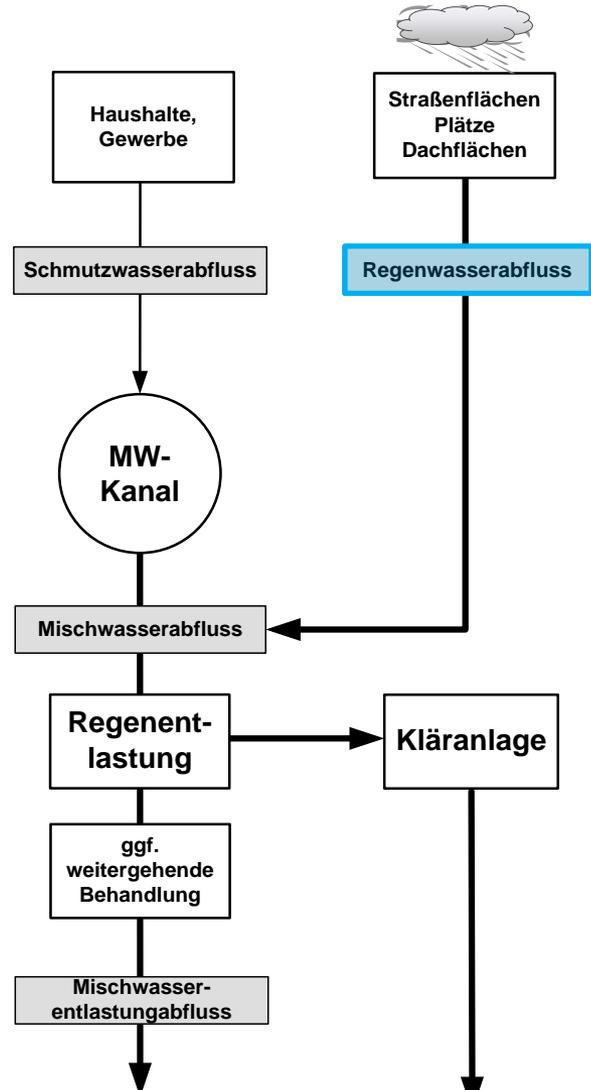
Straßenentwässerung



Trennsystem



Mischsystem



Bewertung chemischer Zustand Gewässer (2013-2015)

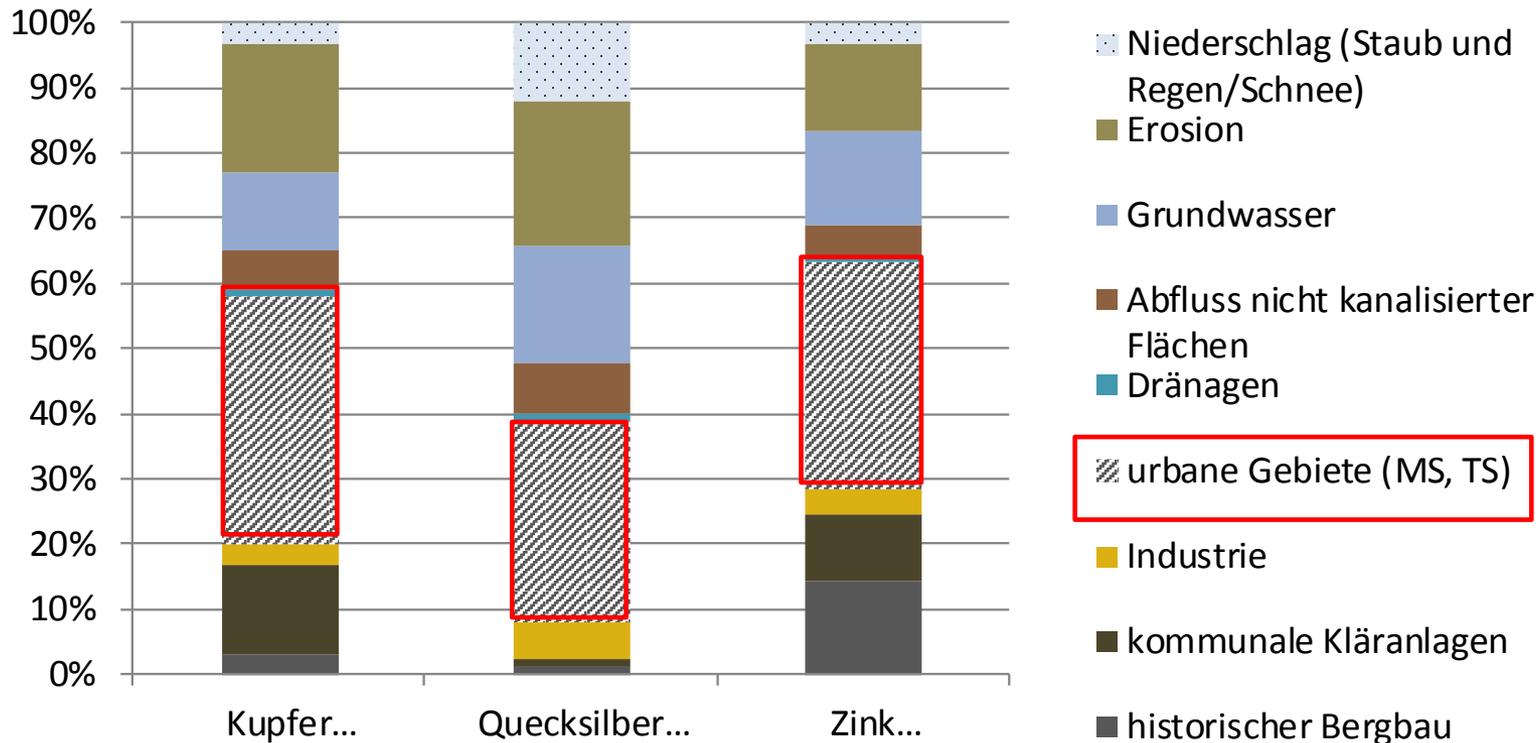
Überschreitungen Umweltqualitätsnormen Schwermetalle

- Matrix: Wasser/Sediment: Kupfer: ca. 10 %; Zink: ca. 25 %
- Matrix: Biota: Quecksilber 100 %



[UBA, 2017]

Schwermetalleinträge in Oberflächengewässer 2012 - 2014



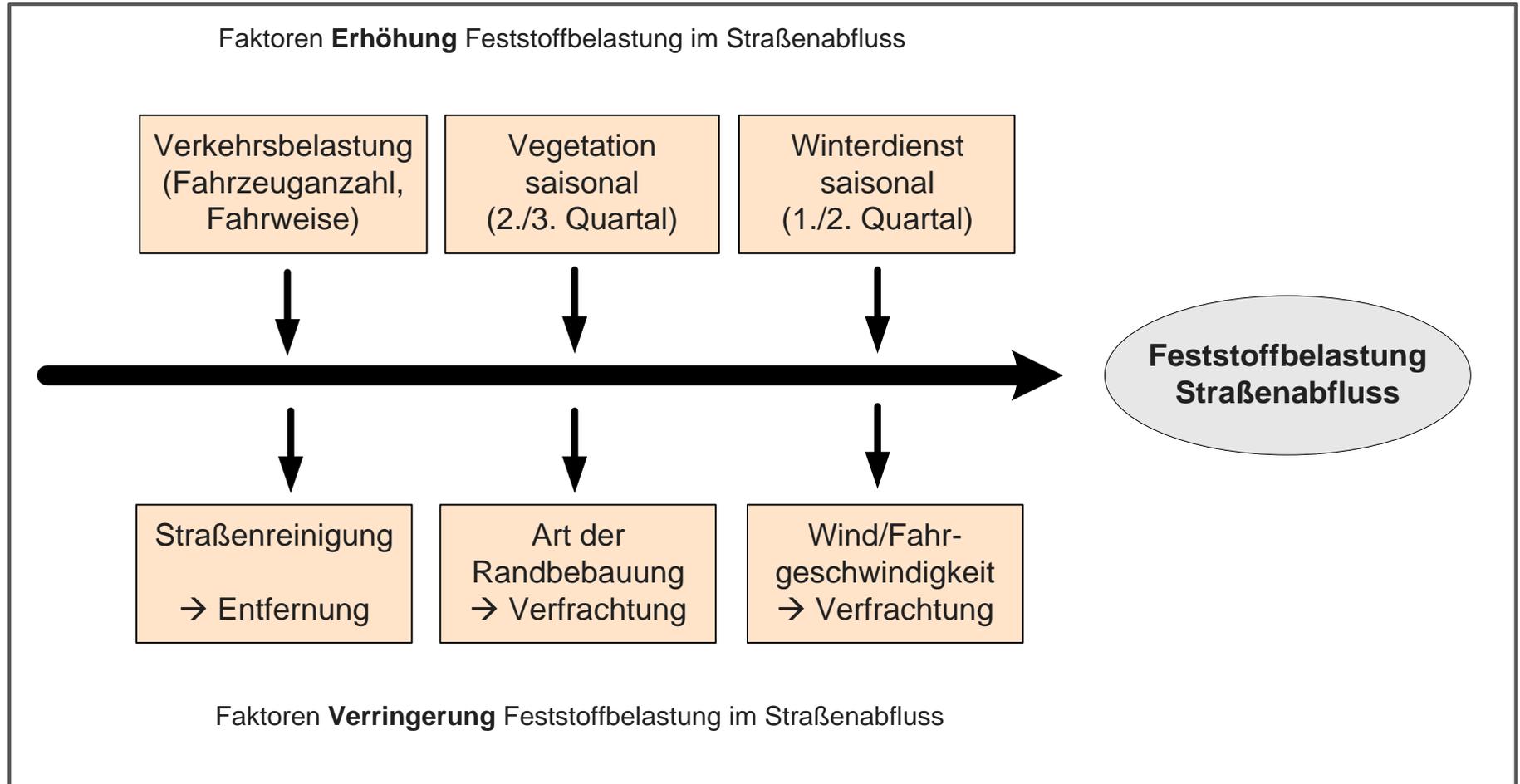
verändert nach: [UBA, 2017]

- **Überschreitungen** Umweltqualitätsnormen
Oberflächengewässer für Schwermetalle und andere Stoffe
 - **Straßenabflüsse** sind für viele Schadstoffe (hier Schwermetalle)
eine signifikante **Quelle**
 - **Regional (urbane Einzugsgebiete)** ggf. noch stärker relevant
- Untersuchungen zu **Aufkommen von (Schad)stoffen** und **Behandlungsstrategien in Straßenabflüssen** notwendig!

- etliche **Messprogramme und Heterogenität** der Daten durch vielfältige Einflussfaktoren
 - viele **verschiedene Stoffparameter**
 - **methodikspezifische Einflussfaktoren** der Untersuchung
 - **ortspezifische Einflussfaktoren**



Ortsspezifische Einflussfaktoren



Parameter

- **Feststofffraktionen** (AFS, ASS, PSD..)
- **Sauerstoffzehrende Stoffe** (CSB, TOC..) und **Nährstoffe** (P..)
- **Schwermetalle** (Cu, Zn,...)
- **Organische Schadstoffe** (PAK, MKW, Urbanherbizide (z.B. Mecoprop), Phthalate (z.B. DEHP), Benzothiazole...)
- und viele mehr....

→ **Eingrenzung Stoffspektrum auf Leitparameter** wichtig

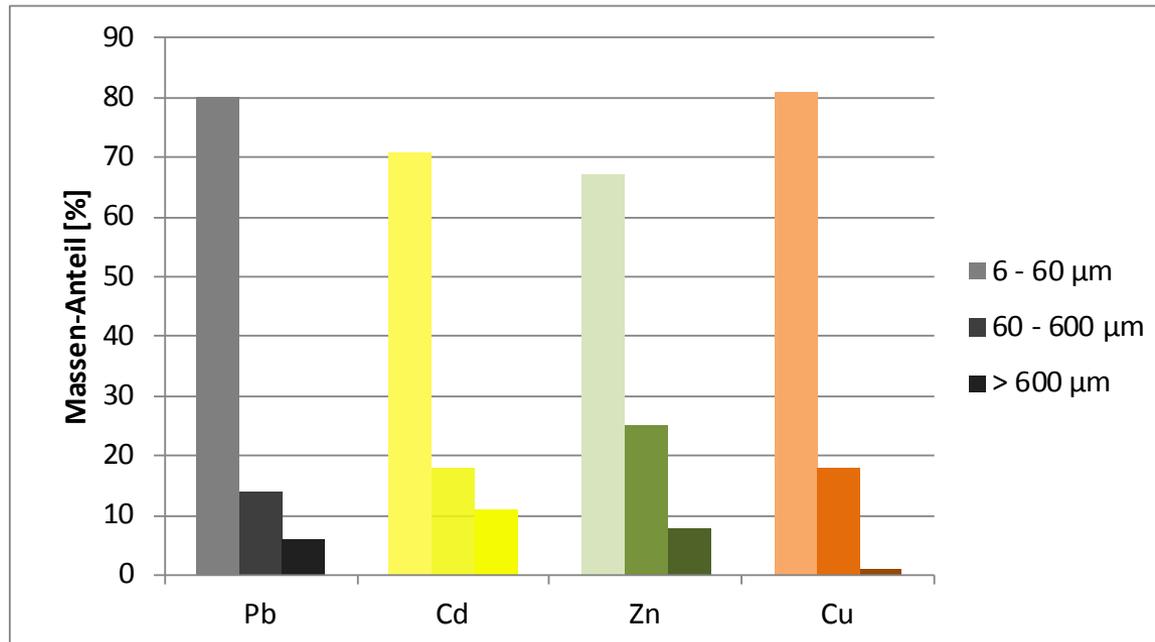
Kriterien Leitparameter

- **signifikantes Stoffaufkommen („Emissionsrelevanz“)**
- **Bedeutsamkeit Belastungsfaktor für Oberflächengewässer („Immissionsrelevanz“)**
 - **Mechanische Wirkung** durch Feststoffe (z.B. Lückenauffüllung/Kolmation Gewässersohle, Trübung)
 - **Sauerstoffzehrung** in Sohle/Interstitial durch Abbau eingetragener Verbindungen

Aufkommen Stoffe Straßenabflüsse

Kriterien Leitparameter

- viele **Schadstoffe** (z.B. **Schwermetalle** und **PAK**) werden assoziiert an **Feststoffe**, vorwiegend an kleineren Korngrößen transportiert.

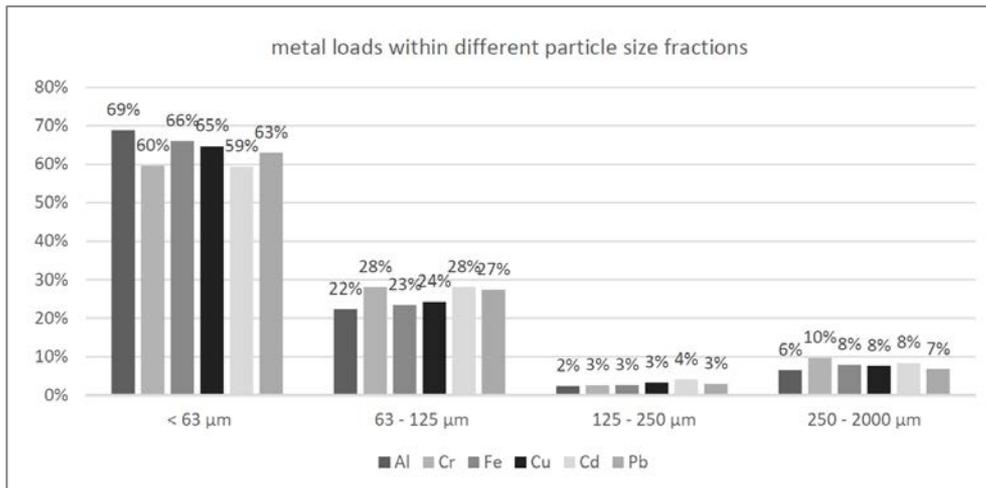


Werte aus [Xanthopoulos, 1993]

Aufkommen Stoffe Straßenabflüsse

Kriterien Leitparameter

auch in neuen Daten bestätigt!



[Baum und Dittmer, 2019]

Aufkommen Stoffe Straßenabflüsse

Kriterien Leitparameter

- Maßgebliche **Prozesse der Behandlung von Straßenabflüssen** (vorwiegend Sedimentation) wirken auf (feine)Feststoffe.
 - Einführung **feine Feststoffe AFS63**
(Korngrößenbereich 0,45 μm bis 63 μm)
 - Implementierung AFS63 in Vorgaben der fachtechnischen Vereinigung (DWA A 102)



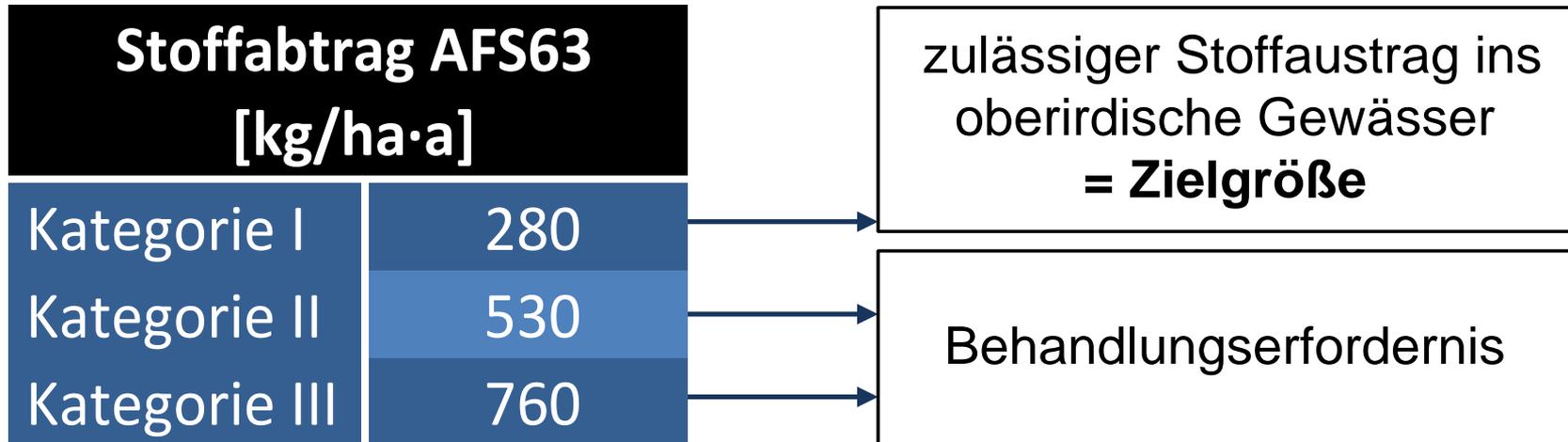
[Obertriffter, 2016]

DWA A 102 Teil 2: Emissionsbezogene Bewertungen und Regelungen für Regenwetterabflüsse in Siedlungen

- Regenwasserabflüsse in **Oberflächengewässer**
- **Bewertungsparameter AFS63**
- **Flächenkategorisierung** (I: gering, II: mäßig, III: stark)
 - Dächer (D), Hof- und Wegeflächen (VW)
 - Verkehrsflächen (V)
 - Betriebsflächen (B) und Flächen mit bes. Belastungen (S)
- Kategorisierung und AFS63 auch im **A138 (Grundwasser)** und im **Entwurf Anhang Abwasser-VO (Niederschlagswasser)**

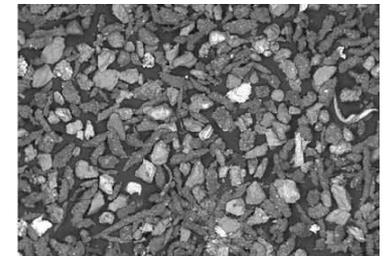
AFS63 in Vorgaben

DWA A102



- **Relation der Werte** untereinander relevant, Absolutwerte „sekundär“
- **Zuordnung von Rückhalteleistungen von AFS63** für dezentrale und zentrale Behandlungsanlagen

- **Festlegung Leitparameter** feine Feststoffe (AFS63) zur Beschreibung der **Belastung von Regenwasserabflüssen**
- Implementierung in **Vorgaben**
 - **Kategorisierung** von stofflichen Belastungen von **Flächen**
 - **Rückhalteleistungen** von **Behandlungsanlagen**



[Adachi und Tainosho, 2005]

Untersuchungsbedarf

- **Verbesserung Datenlage zum Aufkommen feine Feststoffe zur Kategorisierung von Flächen**
 - **ortspezifische Einflussfaktoren**
 - **methodikspezifische Einflussfaktoren**
- **Erweiterung Kenntnisstand Eigenschaftsgrößen feiner Feststoffe von Straßenabflüssen in Behandlungsanlagen**
 - **Sedimentation**



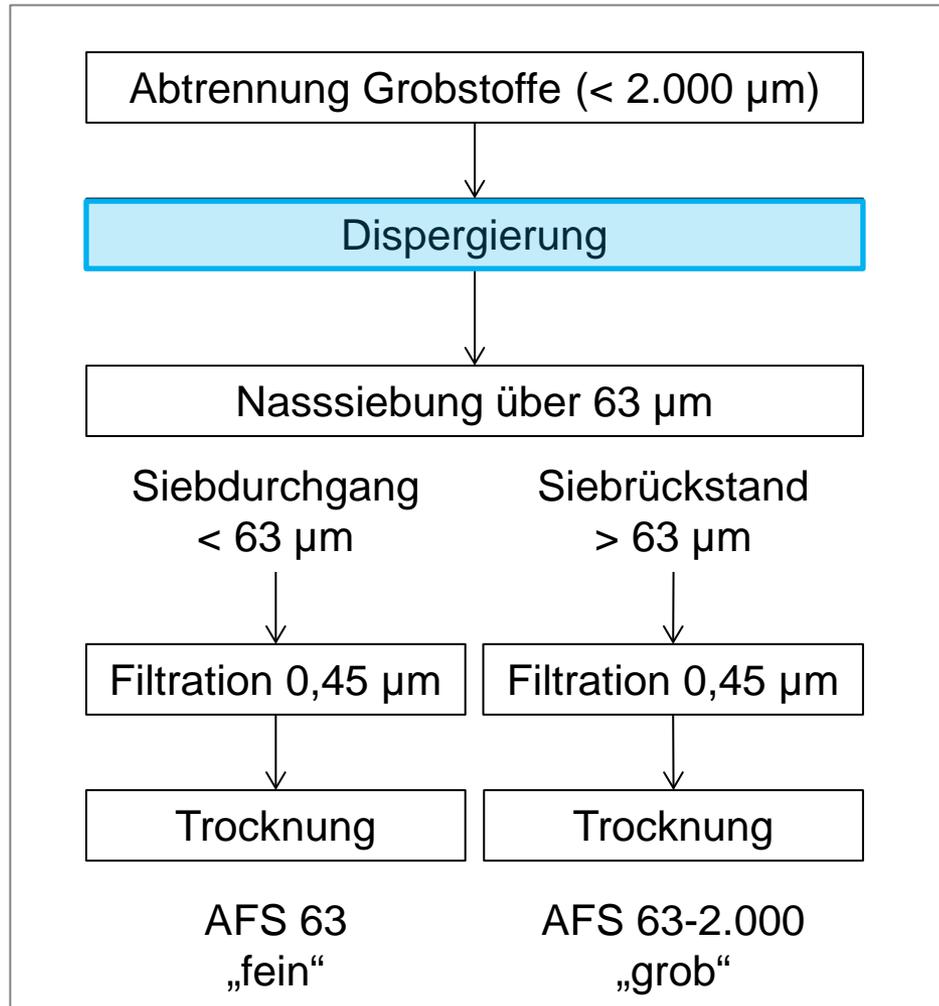
- **Untersuchungsrandbedingungen** der Monitoringpramme zur AFS63-Belastung in **Straßenabflüssen** sehr divers und schwer vergleichbar, teilweise fehlende Dokumentation
 - **Auswahl/Dokumentation Örtlichkeit** (Vegetation, Besonderheiten...)
 - **Probennahme** (korrekte Erfassung Feststofffraktionen...)
 - **Probenaufbereitung**
(Konservierung/Aufteilung/Dispergierung...)
 - **Analytik** (Filterwahl...)
 - **Auswertemethoden** (Fracht versus Konzentration...)

- **Auswahl Örtlichkeit - Repräsentativität Messprogramm**
 - Standort (Besonderheiten: Bautätigkeit; Landwirtschaft..)
 - Untersuchungsjahr (nass/ trocken)
 - Saisoneffekte (Frühjahr/ Winter)

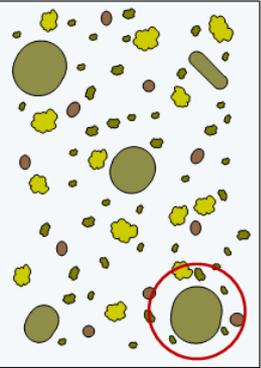
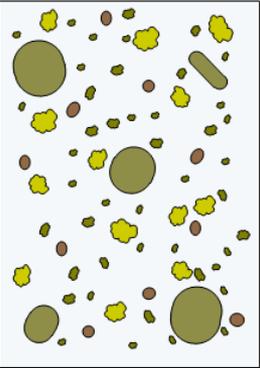
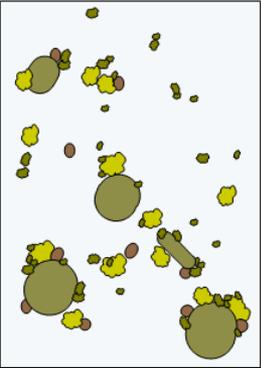
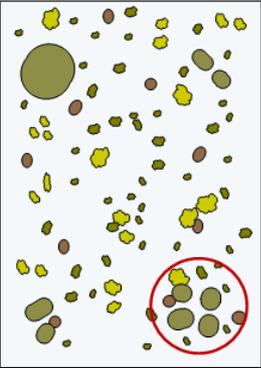


- **Untersuchungsrandbedingungen** der Monitoringpramme zur AFS63-Belastung in **Straßenabflüssen** sehr divers und schwer vergleichbar, teilweise fehlende Dokumentation
 - **Auswahl/Dokumentation Örtlichkeit** (Vegetation, Besonderheiten...)
 - **Probennahme** (korrekte Erfassung Feststofffraktionen...)
 - **Probenaufbereitung**
(Konservierung/Aufteilung/Dispergierung...)
 - **Analytik** (Filterwahl...)
 - **Auswertemethoden** (Fracht versus Konzentration...)

Untersuchungen Bestimmung AFS63

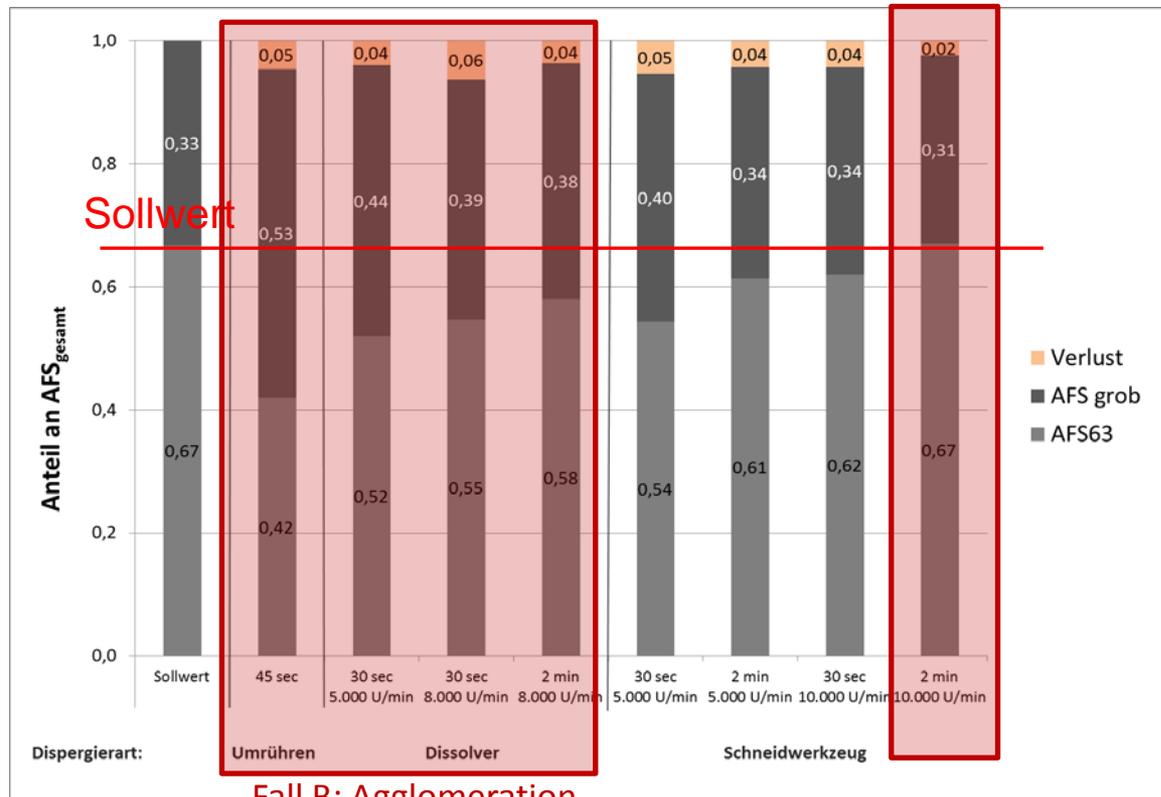


verändert nach: [Baum et al., 2018]

Ideal-Variante	Varianten: Eigenschaften Partikel, Art der Dispergierung, Auswirkung auf AFS63-Bestimmung			
<p data-bbox="30 461 297 575">Modellvorstellung Aufkommen und Verteilung Partikel in Probe</p> 	A	B	C	D
	<ul data-bbox="30 843 297 929" style="list-style-type: none"> • Eigenschaften Partikel • Organikanteil • Art der Dispergierung <p data-bbox="324 836 585 996">dispers</p>	 <ul data-bbox="678 836 938 996" style="list-style-type: none"> • organischer Anteil gering • Dispergierung mit hoher Intensität (ohne Zerschlagung Partikel) 	 <ul data-bbox="971 836 1232 996" style="list-style-type: none"> • Agglomerationsneigung hoch • ohne Dispergierung bzw. geringe Intensität 	 <ul data-bbox="1265 836 1526 996" style="list-style-type: none"> • organischer Anteil moderat • Dispergierung mit hoher Intensität (Zerschlagung Partikel)
<p data-bbox="30 1032 297 1118">Auswirkung auf AFS63-Bestimmung</p> <p data-bbox="324 1025 585 1148">Soll-Wert AFS63</p>	<p data-bbox="678 1025 938 1148">„korrekte“ Wiederfindung AFS63</p>	<p data-bbox="971 1025 1232 1148">erhöhte Mengen auf 63-µm Sieb Minderbefund AFS63</p>	<p data-bbox="1265 1025 1526 1148">Erzeugung Partikel < 63 µm Überbefund AFS63</p>	<p data-bbox="1559 1025 1819 1148">Erzeugung gelöster/ kolloidaler Stoffe aus AFS63 Minderbefund Feststoffe</p>

Untersuchungen Bestimmung AFS63

Einfluss Dispergierung

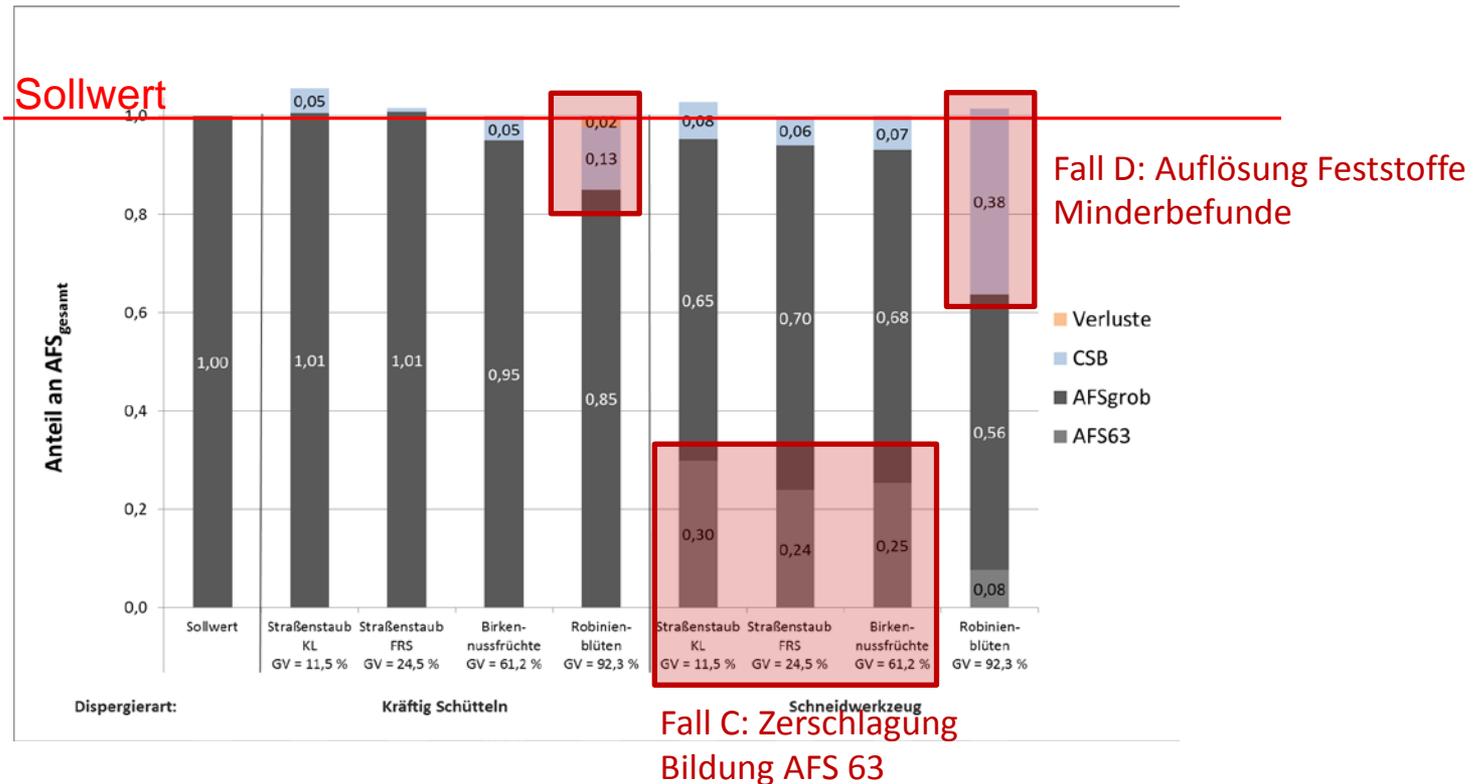


→ Umrühren und Dissolver reichen nicht (Agglomeration)

→ Schneidwerkzeug (U-Turrax) notwendig

Untersuchungen Bestimmung AFS63

- grobe Feststoffe (250-500 μm): Zerschlagung Partikel Turrax
- organikreiche Materialien (92 % GV): Löseeffekte



Fazit:

- Konvention Grobkorn < 2mm
- Filtermaterial Membran/Glasfaser vglbar
- Druck/Unterdruck vglbar
- Einfluss Lagerung offen
- Dispergierung offen

→ Weitere **systematische Untersuchungen** zu Einflussfaktoren in verschiedenen Matrices notwendig!



Untersuchungsbedarf

- **Eigenschaften der (feinen) Feststoffe** in Straßenabflüssen bei Behandlungsanlagen (hier Schwerpunkt **Sedimentation**)
 - Korngrößenzusammensetzung
 - Organikanteil und Dichte
 - Kornform
 - Absetzeigenschaften
 - Schadstoffe in Absetzfraktionen

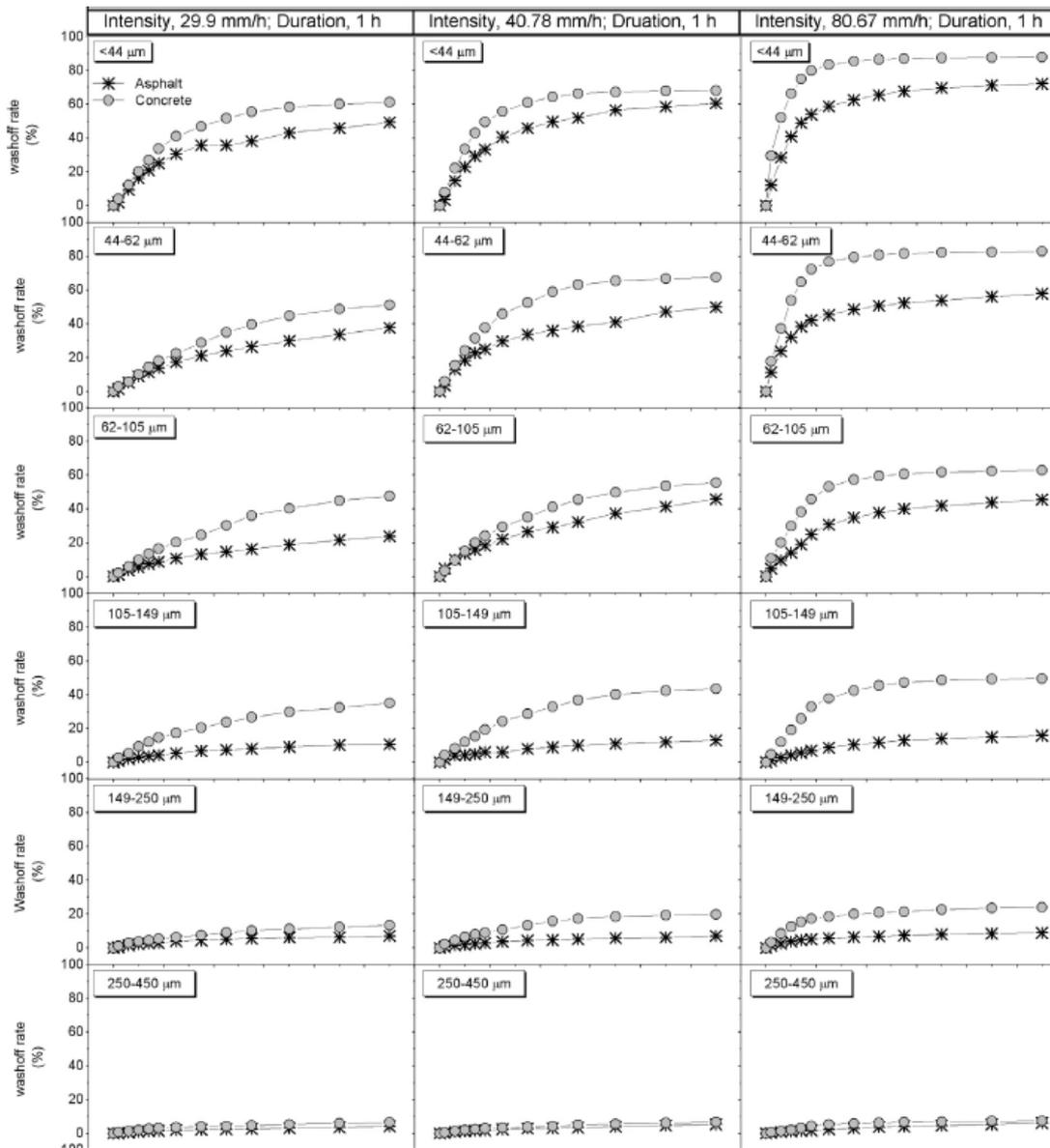


Eigenschaftsgrößen feine Feststoffe

Ansatz: Partikel auf Straßen (Straßenstaub) sind potenziell die Partikel im Straßenabfluss

- Welche Korngrößen sind abflusswirksam?
- 0-250 μm
- 0-2.000 μm





**Korngrößenzu-
sammensetzung
abschwemmbarer
Partikel
Straßenabfluss:**

**Signifikante
Abschwemmung
von Partikeln von ca.
0-250 μm**

Korngrößenzusammensetzung Straßenabfluss:

- viele Studien dokumentieren eine PSD im Bereich von **0-250 μm**
- einzelne Untersuchungen haben auch wesentlich **größere Fraktionen 0-2.000 μm** (Probennahme, Siebmethode, örtliche Besonderheiten wie Rauigkeit Oberfläche und kleine Barrieren)
- Für die Untersuchungen zum Absetzverhalten: **0-250 μm**



Staubdatendatenbank Frankfurt Nordend:

- ca. **650 Probenahmen** an etwa **10 Standorten** in vier Quartalen von 2016-2019
- **Kenngroßen Standorte:** Verkehrsbelastung, Straßenbelag, Straßenreinigung, Anteil Vegetation (BKÜ)
- **Siebung** in vier **Grobfraktionen** (< 2 mm, 2-4 mm, 4-8 mm, > 8 mm)
- **spez. Massen [g/m²], Korngrößenverteilung, Dichte, Organik**

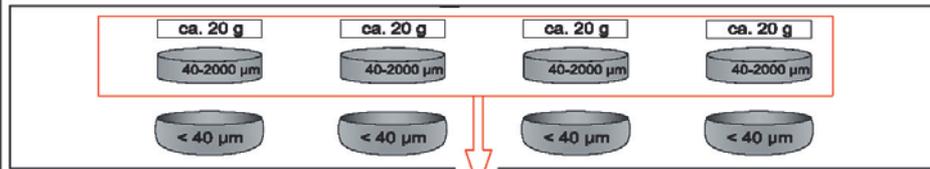


Eigenschaftsgrößen feine Feststoffe

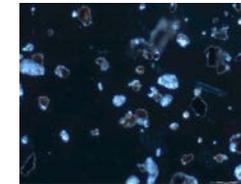
- Feinsiebung (Trocken und Nass) des Anteils $< 2\text{mm}$ in **10** Unterfraktionen

Material $< 2\text{mm}$

Siebschnitt

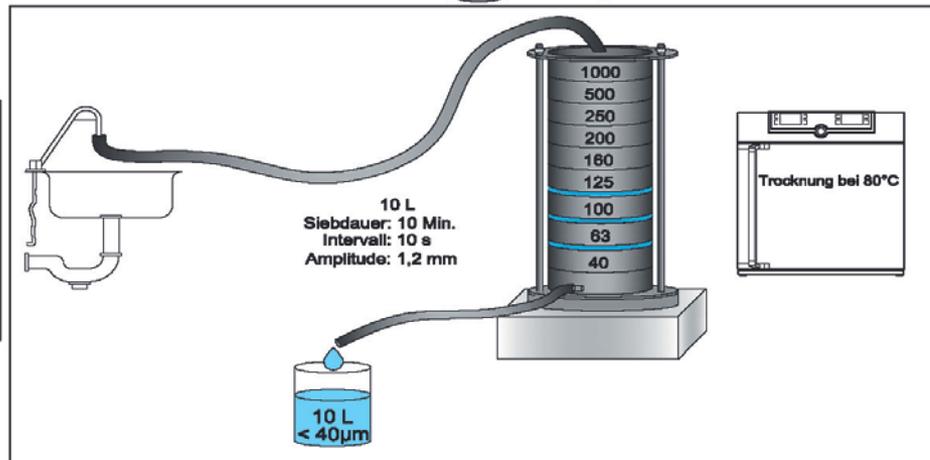


$< 40\ \mu\text{m}$



ECLQ1/17 0-40 μm

Nasssiebung



1.000-2.000 μm

500-1.000 μm

250-500 μm

200-250 μm

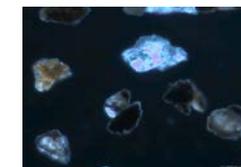
160-200 μm

125-160 μm

100-125 μm

63-100 μm

40-63 μm



ECLQ1/17 63-100 μm

Staubdatendatenbank Frankfurt Nordend:

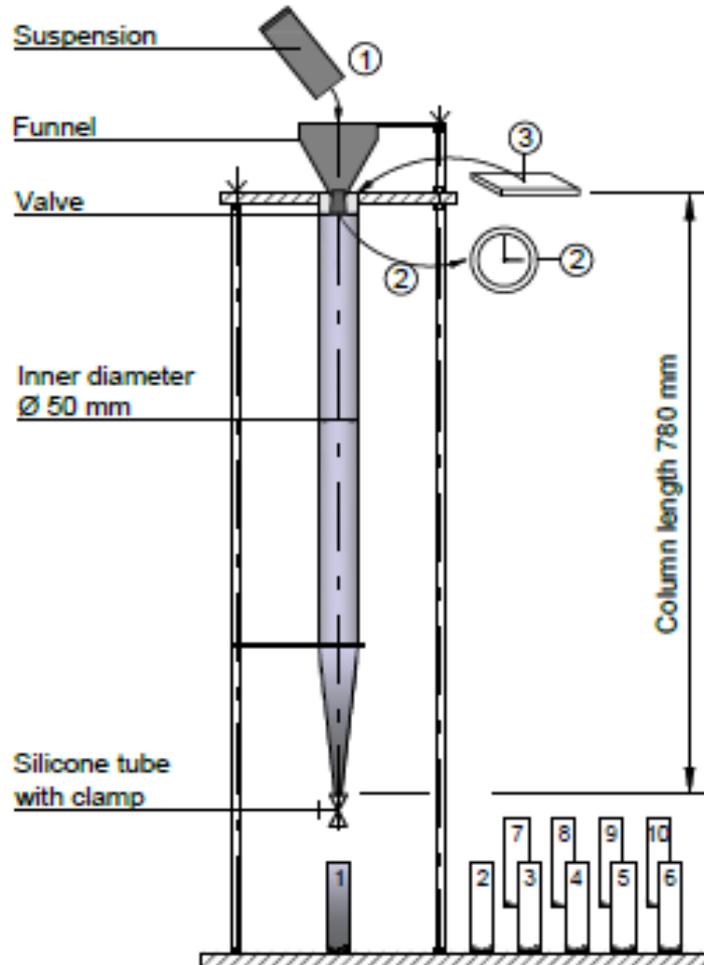
- **Korngrößenverteilung** (Sieblinien)
- **Dichte, Organik, Schwermetalle** in Mischung und Einzelsiebfraktionen

Staubdatendatenbank Frankfurt Nordend:

- **Konfektionierung** Feststoffmatrix mit **“Wunsch-Stoffeigenschaften”** (GV, PSD, Dichte) möglich
 - **Standardmaterialien** für AFS63 Bestimmung (s.o.)
 - **Partikelmischungen aus Straßenstaub** für **Absetzversuche** die der Korngrößenzusammensetzung (0-250 μm) eines **Straßenabflusses** entspricht



Labortestsystem zur Sedimentation



methodische Voruntersuchungen

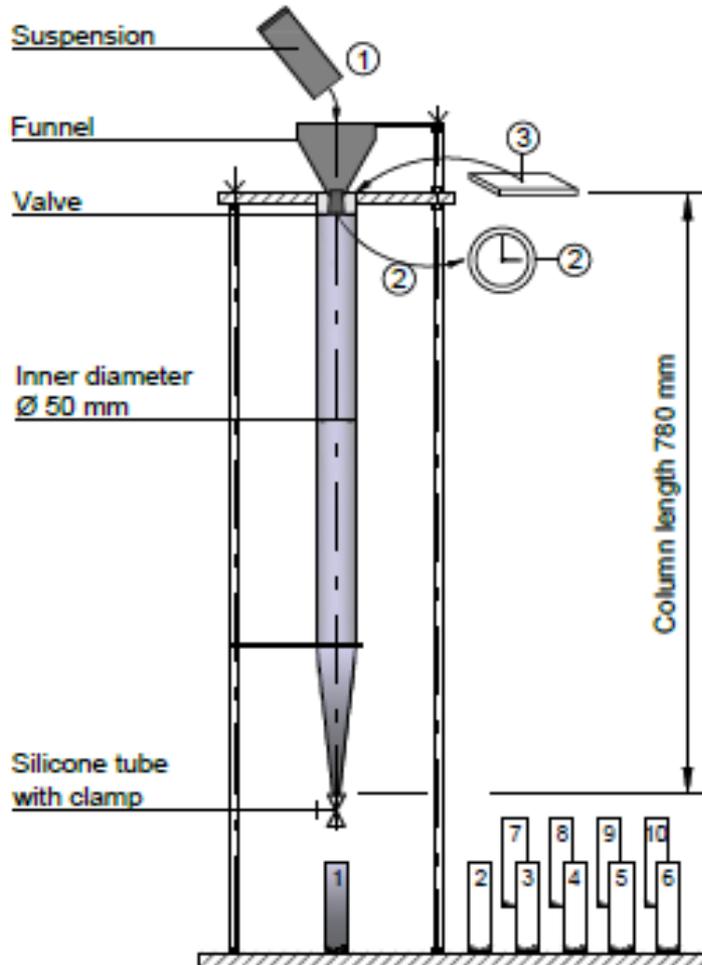
- Säulenmaterial und -form...
- Aufgabemenge
- Trocknungsart Partikel
- Kontaktzeit Wasser
- Schließen Stoffbilanz (Feststoffe, GV, SM)

→ Labormethode

Sinkgeschwindigkeit von
Straßenpartikel

Eigenschaftsgrößen feine Feststoffe

Labortestsystem zur Sedimentation

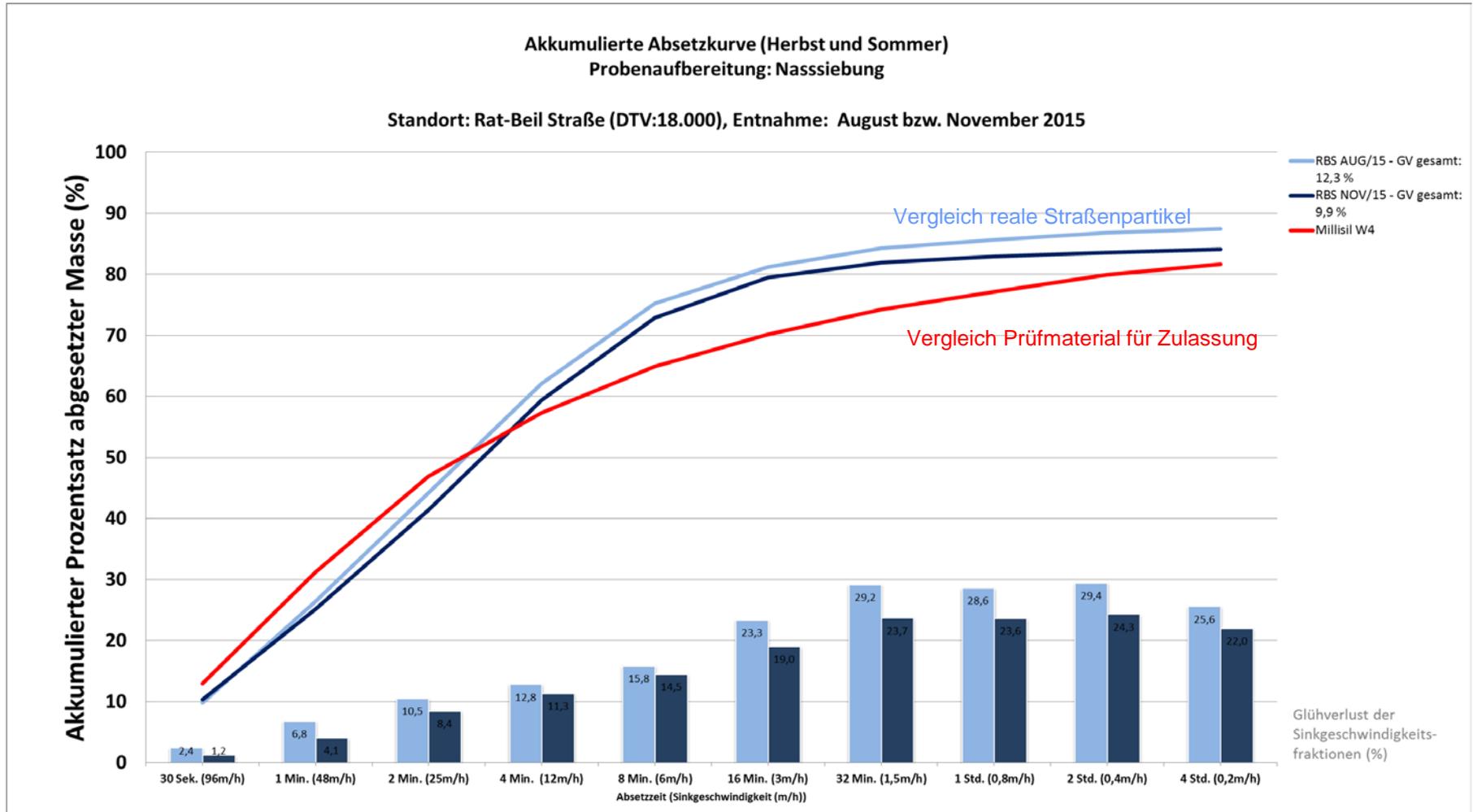


Ergebnisse:

- **Absetzsummenkurven** zum relativen Vergleich von Partikeln mit gleicher PSD
- **Organikgehalt...**
- **Fluideigenschaften** (Temperatur, Salz...)
- Gewinnung von **Absetzfraktionen**, Bestimmung GV und SM

Eigenschaftsgrößen feine Feststoffe

Absetzkurven (Organik)



- **Feine Feststoffe (AFS63)** als Leitparameter für **Schadstoffbelastung Straßenabflüsse** neu eingeführt
- **Bedarf an weiteren systematische Untersuchungen in Messprogrammen**
 - **methodikspezifische Einflussfaktoren**
 - **standardisierte Dokumentation**
 - Messprogramm **Feld**: Probennahme, Auswertung
 - Analyse **Labor**: Probenaufbereitung, Analytik



[Hosan, Hessenagentur]

- **Eigenschaftsgrößen der feinen Feststoffe in Straßenabflüssen**
 - **Korngrößenverteilung und Kornform** (PSD-Analyser)
 - **Organik** (Unterscheidung vegetations- oder verkehrsbedingt (Reifenabrieb))
 - **Schadstoffe** (Schwermetalle und weitere) in Korngrößenfraktionen und Sedimentationsfraktionen
 - **Einflussfaktoren** (z.B. Temperatur, Salz Fluid) auf Sedimentationsverhalten



- Normung/Konvention zur **Vereinheitlichung** von **Bestimmungsmethoden und Randbedingungen** von Messprogrammen
- Erweiterung **Bewertungsmatrix** für **urbane Flächen** (Belastungsklassen Flächenkategorien)
- **Optimierung** **Behandlungsstrategien** durch **verbesserte Kenntnis Kenngrößen** (z.B. Dichte, Kornform...)
- Auswahl von **zielgerichteten Maßnahmen** zur **Verringerung von stofflichen Emissionen** in die Gewässer

- Adachi, K.; Tainosho, Y. (2005): Single particle characterization of size-fractionated road sediments. *Applied Geochemistry* 20 (5), 849–859. DOI: 10.1016/j.apgeochem.2005.01.005.
- Baum, P., Dittmer, U. (2019): Size Dependant Metal Loads of Urban Stormwater Runoff Compared to the Loads of Total Suspended Solids. NOVATECH 2019, 10th International Conference on Sustainable Techniques and Strategies in Urban Water Management, 1.-5.7.2019.
- Baum, P.; Benisch, J., Blumensaat, F.; Dierschke, M.; Dittmer U.; Gelhardt, L.; Gruber, G.; Grüner, S.; Heinz, E.; Hofer, T.; Kemper, M.; Leutnant, D.; Nickel, J.P. (2018): AFS63 – Harmonisierungsbedarf und Empfehlungen für die labortechnische Bestimmung des neuen Parameters. Schriftenreihe Wasser Infrastruktur Ressourcen der TU Kaiserslautern, Bd. 1, 153-169. ISBN 978-3-95974-086-9
- Gelhardt, L. (2016): Aufkommen und Eigenschaften von Feststoffen in Niederschlagsabflüssen auf Verkehrsflächen. Masterarbeit an der University of Applied Sciences, Frankfurt
- Gelhardt, L.; Huber, M.; Welker, A. (2017): Development of a Laboratory Method for the Comparison of Settling Processes of Road-Deposited Sediments with Artificial Test Material. *Water, Air, & Soil Pollution*. 228: 467. doi: 10.1007/s11270-017-3650-8
- Gelhardt, L. (2019): Dissertationsschrift, in press
- Hürlimann, J.; Fässler, S.; Gerhardt, A.; Steiner, M. Wyss, S.; (2011): Straßenabwasser in der Schweiz. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Zug, Dezember 2011
- Obertriffter, M. (2016): Foto Regenklärbecken. Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen
- Schmitt, T.G. (2014): Weiterentwicklung des Regelwerks zur Einleitung von Regenwetterabflüssen in Gewässer. Vortrag auf dem 17. Symposium Flussgebietsmanagement beim Wupperverband. Gebietsforum „Wupper“ der Bezirksregierung Düsseldorf am 21./22. Mai 2014
- Umweltbundesamt (2017): Gewässer in Deutschland: Zustand und Bewertung. Dessau-Roßlau.
- Welker, A.; Dierschke, M.; Gelhardt, L. (2019): Methodische Untersuchungen zur Bestimmung von AFS63 (Abfiltrierbare Stoffe) in Verkehrsflächenabflüssen. *gwf Wasser Abwasser*, (160), Nr. 4, 79 - 88
- 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 – Teil-projekt 2, Eigenverlag des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft, Universität Karlsruhe
- Zhao, H., Jiang, Q., Xie, W., Li, X., Yin, C., 2018. Role of urban surface roughness in road-deposited sediment build-up and wash-off. *Journal of Hydrology* 560, 75–85. doi:10.1016/j.jhydrol.2018.03.016.