

Dezentrale technische Niederschlagswasser- behandlungsanlagen

Prof. Dr. Brigitte Helmreich

Technische Universität München,

Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft

E-Mail: b.helmreich@tum.de

+49 89 289 13719

Dr.-Ing. Stephan Fuchs

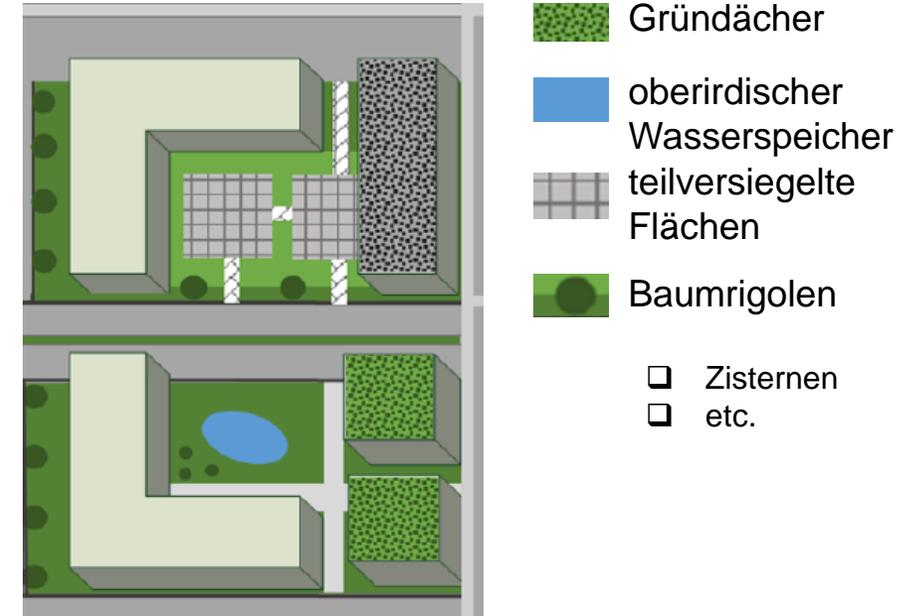
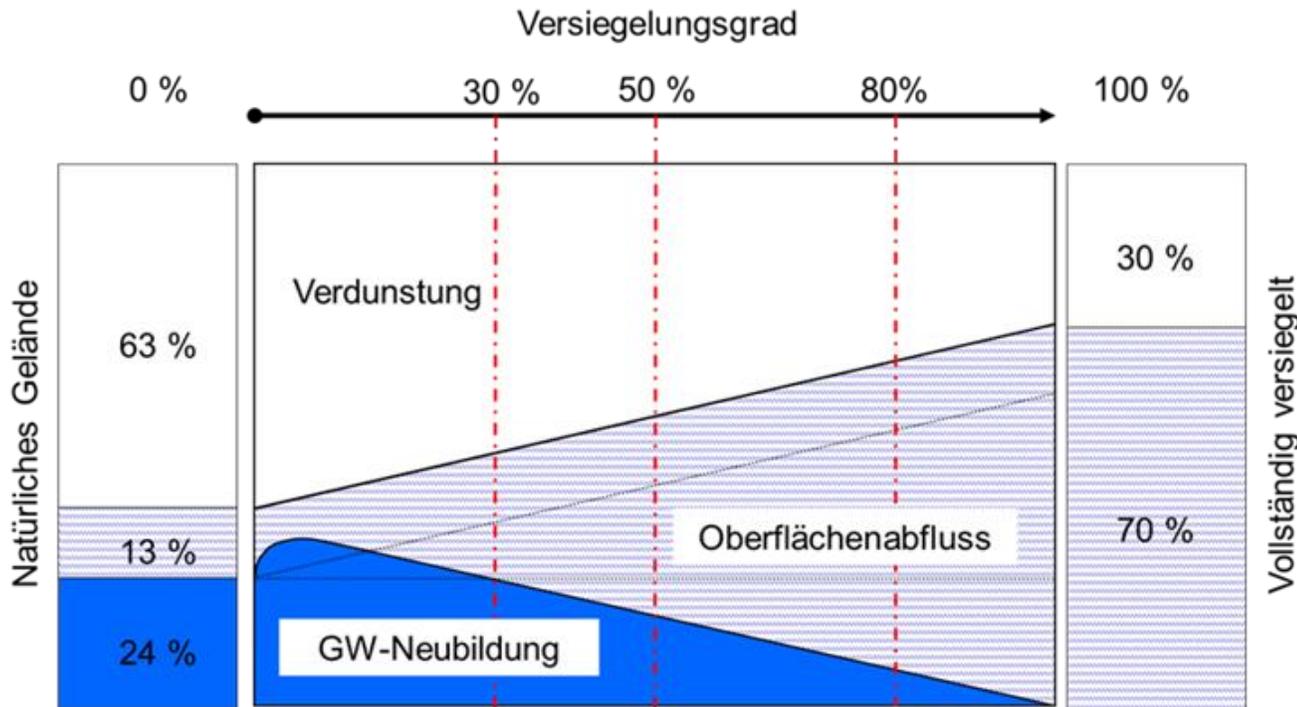
Institut für Wasser und Gewässerentwicklung

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

stephan.fuchs@kit.edu

+49 721 6084 2457

Vom ableitungsorientierten System zur wasserbewussten Stadtentwicklung

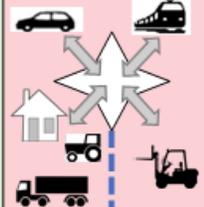
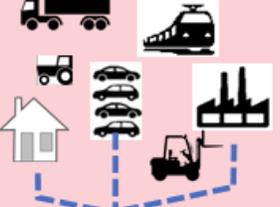


- Bewirtschaftung von Niederschlagswasser erfordert neben Förderung der Verdunstung und Versickerung:
 - Reinigung
 - Speicherung und
 - Nutzung

Dezentrale technische Behandlungsanlagen

Dezentrale Anlagen gemäß DWA-M179:

- technische Anlagen zur Reinigung von Niederschlagsabflüssen vor Einleitung ins Oberflächengewässer
- in unmittelbarer Nähe zu den entwässerten Flächen
- angeschlossene Fläche bis zu 5.000 m²
- Sonderflächen gemäß DWA-A 102 bedürfen Einzelfallbetrachtung
 - technische Regeln werden im Merkblatt DWA-M106 erarbeitet

| | Einzelflächen | | mehrere Flächen | |
|------------------------------|--|---|---|---|
| Flächenart | Verkehrsfächen | Betriebsflächen und sonstige Flächen mit besonderer Belastung | | Verkehrsfächen |
| Flächen-gruppe | V und VW | BG, BF, BL und SG, SF, SL, SV, SVW, SD, SA sowie entspr. Kombinationen | | V und VW |
| Belastungs-kategorie | II oder III | I bis III | | alle II oder alle III* |
| Beispiel |  |  |  |  |
| dezentrale Behandlung |  |  |  |  |
| Einleitung in..... | ↓ | | Regelung in DWA-A106 | ↓ |
| | Oberflächengewässer <i>wasserrechtliche Erlaubnis auf Basis der Emissionsanforderungen aus DWA-A 102-2</i> | | | |
| | Kanal <i>privat- bzw. satzungsrechtliche Einleitlerlaubnis entsprechend Regelungen des Kanalbetreibers</i> | | | |

Zielgrößen der Behandlung

| | Stoffabtrag AFS63 kg/(ha·a) | Konzentration ¹⁾ mg/l | Wirkungsgrad % |
|---------------|--------------------------------|-------------------------------------|-------------------|
| Kategorie I | 280 | 50 | 0 |
| Kategorie II | 530 | 95 | 47 |
| Kategorie III | 760 | 136 | 63 |

1) Jahresabfluss 5.600 m³/(ha·a)

- AFS63 primäres Behandlungsziel bei Einleitung in Oberflächengewässer
 - hohe Reinigungsanforderungen
 - hohes Betriebsrisiko
- Rechenwerte für Arbeitsblatt, keine Referenzwerte für messtechnischen Nachweis !
- Ermessenspielraum für ortsbezogene Bewertungen !
- Bei Einleitung ins Grundwasser zu ergänzen: Zielvorgaben für gelösten Stoffkomponenten

Randbedingungen dezentraler Behandlung

- ❑ Zeitlich und räumlich hoch variable stoffliche Belastung
 - ❑ nivellierender Effekt von Einzugsgebiet und Kanalisation entfällt
 - ❑ Grobfraction kann relevant sein
 - ❑ Rechenwerte nach DWA-A102-2 können deutlich unter- und überschritten werden

- ❑ Unzureichende Erfahrungen zur Wirksamkeit unter Feldbedingungen
 - ❑ zeitliche und räumliche Variabilität
 - ❑ ungeklärte Verantwortlichkeit

- ❑ Vervielfachung der Betriebspunkte im System
 - ❑ Personalverfügbarkeit
 - ❑ Komplexität der Anlagen

AFS63- Straßenabflussproben A6

| | |
|---------------------|----------|
| Dauer der Beprobung | 557 d |
| Minimum | 23 mg/l |
| Median | 124 mg/l |
| Mittelwert | 170 mg/l |
| Maximum | 814 mg/l |



Robuste, wartungsfreundliche Anlagen wichtig

Schwerpunktbelastung – Verfahren



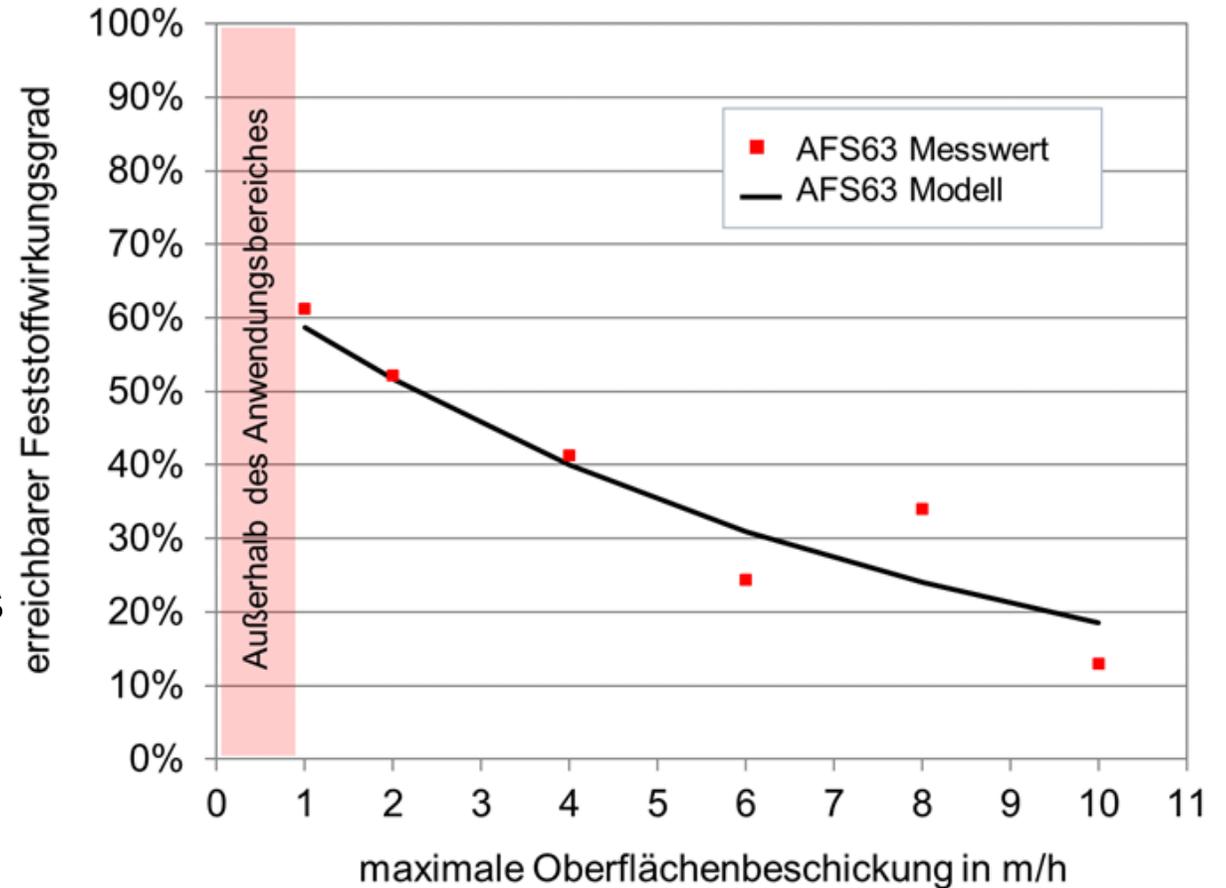
| Parameter | Dach-/ Fassadenflächen | | Verkehrsflächen | |
|--------------------|------------------------|------------|-----------------|---------------|
| | gelöst ¹⁾ | partikulär | gelöst | partikulär |
| Feststoffe (AFS63) | - | gering | - | hoch |
| PAK, MKW | - | - | - | hoch |
| Schwermetalle | hoch | gering | mittel | hoch |
| org. Spurenstoffe | hoch | gering | mittel | mittel |

- Sedimentation**, einfach, leistungslimitiert
- Filtration**, komplexer, leistungsstark
- Adsorption und Ionenaustausch, einfach, bedarfsabhängig
- Fällung, einfach, bedarfsabhängig

- AFS63 gemäß DWA-A102-2
 - Einleitung in Oberflächengewässer
 - AFS63 Rückhalte 47 % bis 63 %
- Gelöste Stoffe gemäß DWA-A138-1
 - Einleitung in Grundwasser
 - spezifische Flächen (z.B. Dach)
 - AFS63 Rückhalte 40 % bis 80 %
 - gelöste Stoffe 50 % bis 90 % (stoffspezifisch)

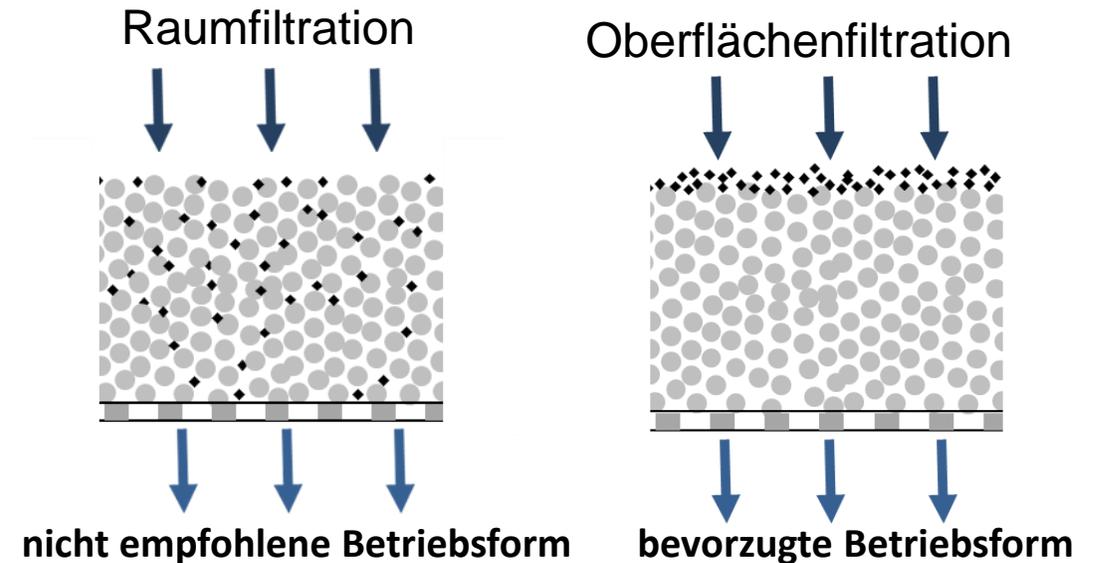
Sedimentation – Einleitung in Oberflächengewässer

- ❑ Mindestanforderung max. Oberflächenbeschickung ($\leq 4 \text{ m/h}$)
 - ❑ Depotentsicherung
- ❑ Für niederschlagsbeschickte Anlagen
 - ❑ $q_A \leq 4 \text{ m/h} \rightarrow \eta_{\text{AFS63}} = 40 \%$
- ❑ Kein Dauerstau
- ❑ Bei abweichenden Wirkprinzipien Nachweis der Gleichwertigkeit
 - ❑ vorzugsweise durch Felduntersuchung



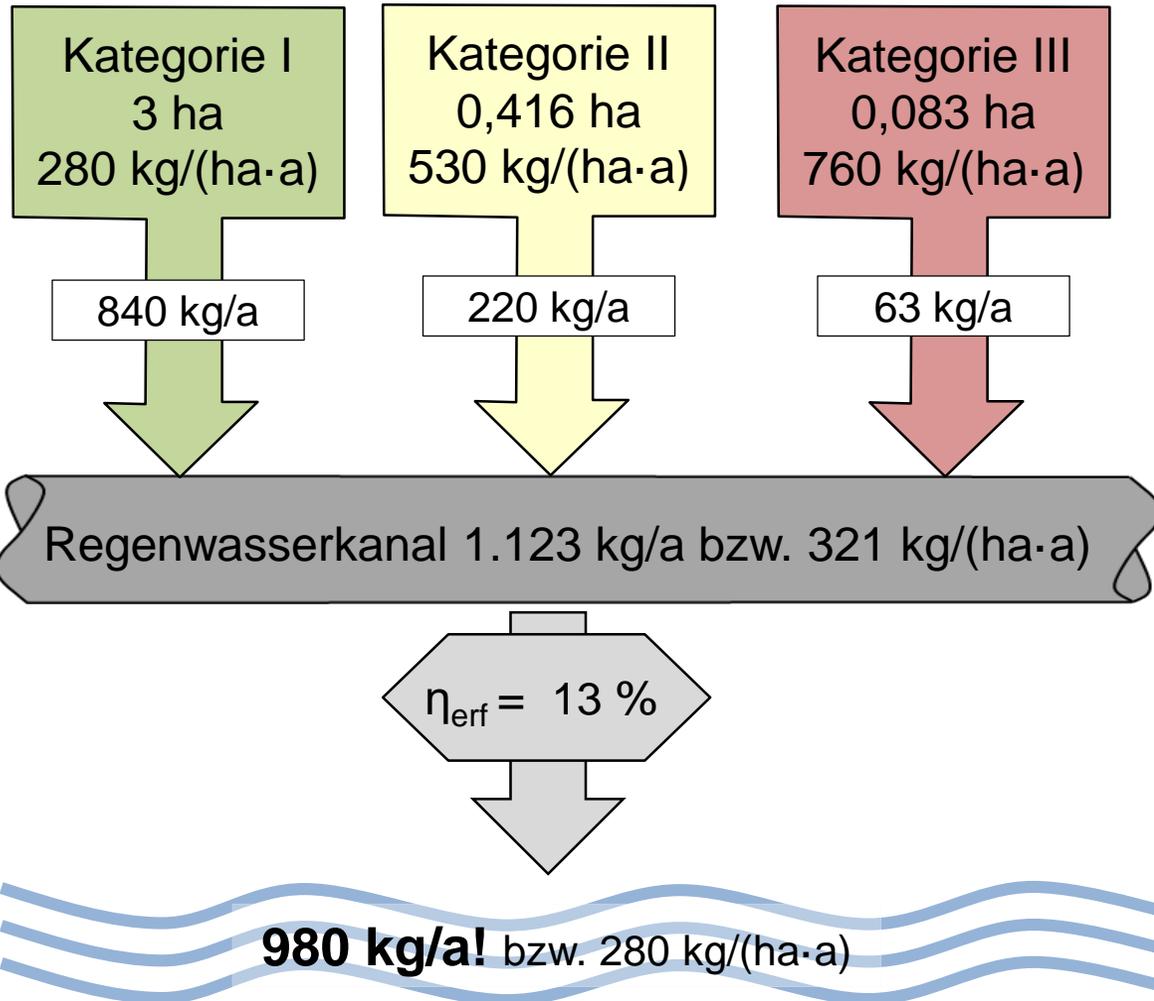
Filtration – Einleitung in Oberflächengewässer

- ❑ Mindestanforderungen:
 - ❑ Filterflächenverhältnis
 $A_F / A_{E,b,a} \geq 0,8 \%$
 - ❑ max. flächenspezifische Belastung
 $\leq 7 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$
 - ❑ Filtermächtigkeit $> 0,2 \text{ m}$
- ❑ Filtergeschwindigkeit
 - ❑ $v_F \leq 2,5 \text{ m/h} \rightarrow \eta_{\text{AFS63}} = 95 \%$
- ❑ kein Dauereinstau der Sedimente
 - ❑ vorrangig Oberflächenfiltration
 - ❑ aerobes Sedimentdepot
 - ❑ einfache Sedimententnahme

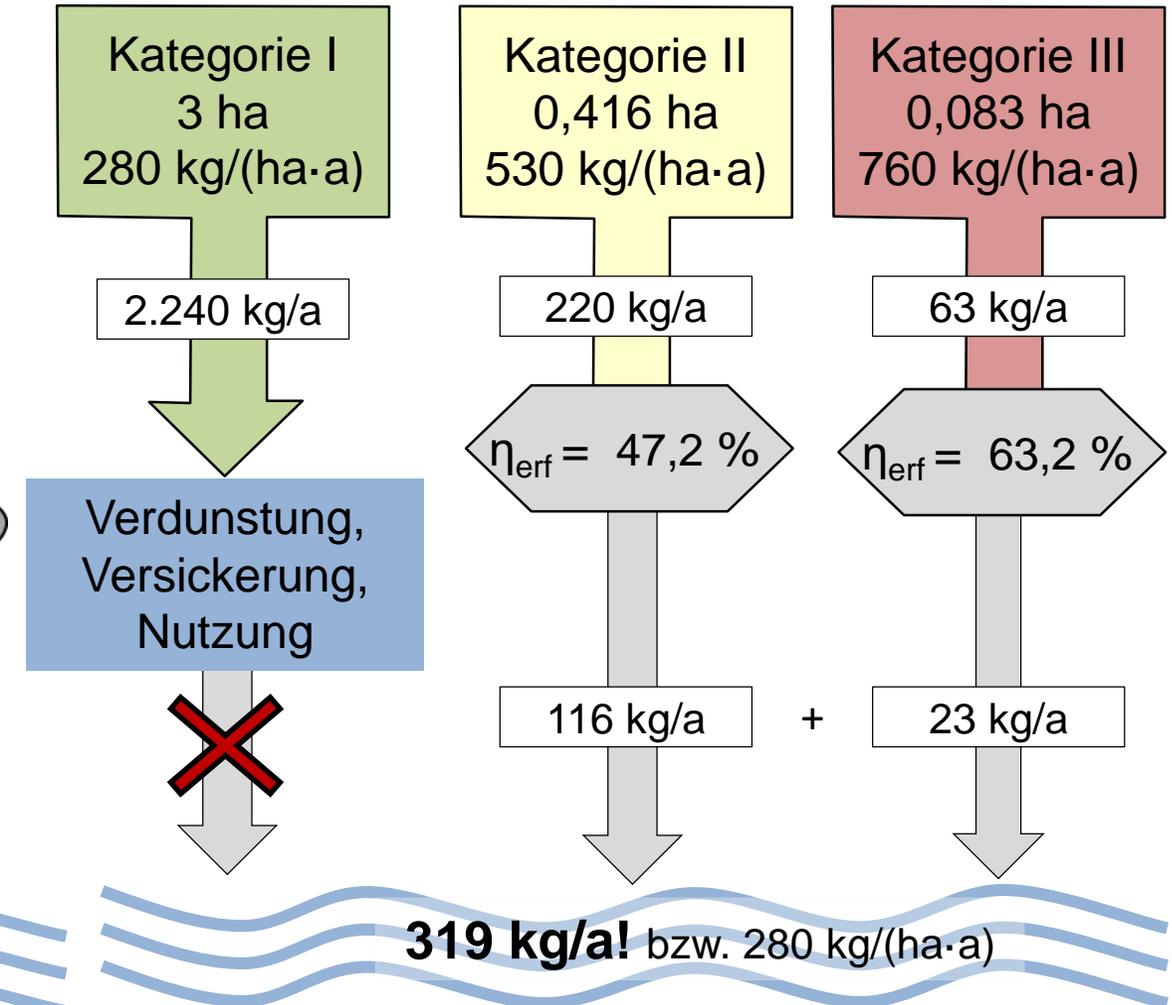


Erforderlicher Frachtrückhalt nach DWA-A 102-2

Zentral



Dezentral



Bemessungsansatz

□ Jährlicher Frachtrückhalt der Anlage η_{ges} wird bestimmt durch:

□ Wirkungsgrad des Behandlungsverfahrens η_{BV}

□ Anteil des behandelten mittleren jährlichen Niederschlagsabflusses η_{hyd}

$$\eta_{erf} = \eta_{ges} = \eta_{BV} \cdot \eta_{hyd}$$

η_{erf} = erforderlicher Stoffrückhalt gemäß Flächenbilanzierung nach DWA A102-2 in %

η_{BV} = Wirkungsgrad des eingesetzten Behandlungsverfahrens (z.B. Sedimentation 40 %)

η_{hyd} = zu behandelnder Anteil von Q_R in %

$$Q_R = A_{b,a} \cdot h_{N,a} \cdot C_m \cdot 10$$

Q_R = mittlerer jährlicher Niederschlagsabfluss

$A_{b,a}$ = angeschlossene, befestigte Fläche in ha

$h_{N,a}$ = mittlere Jahresniederschlagshöhe in mm

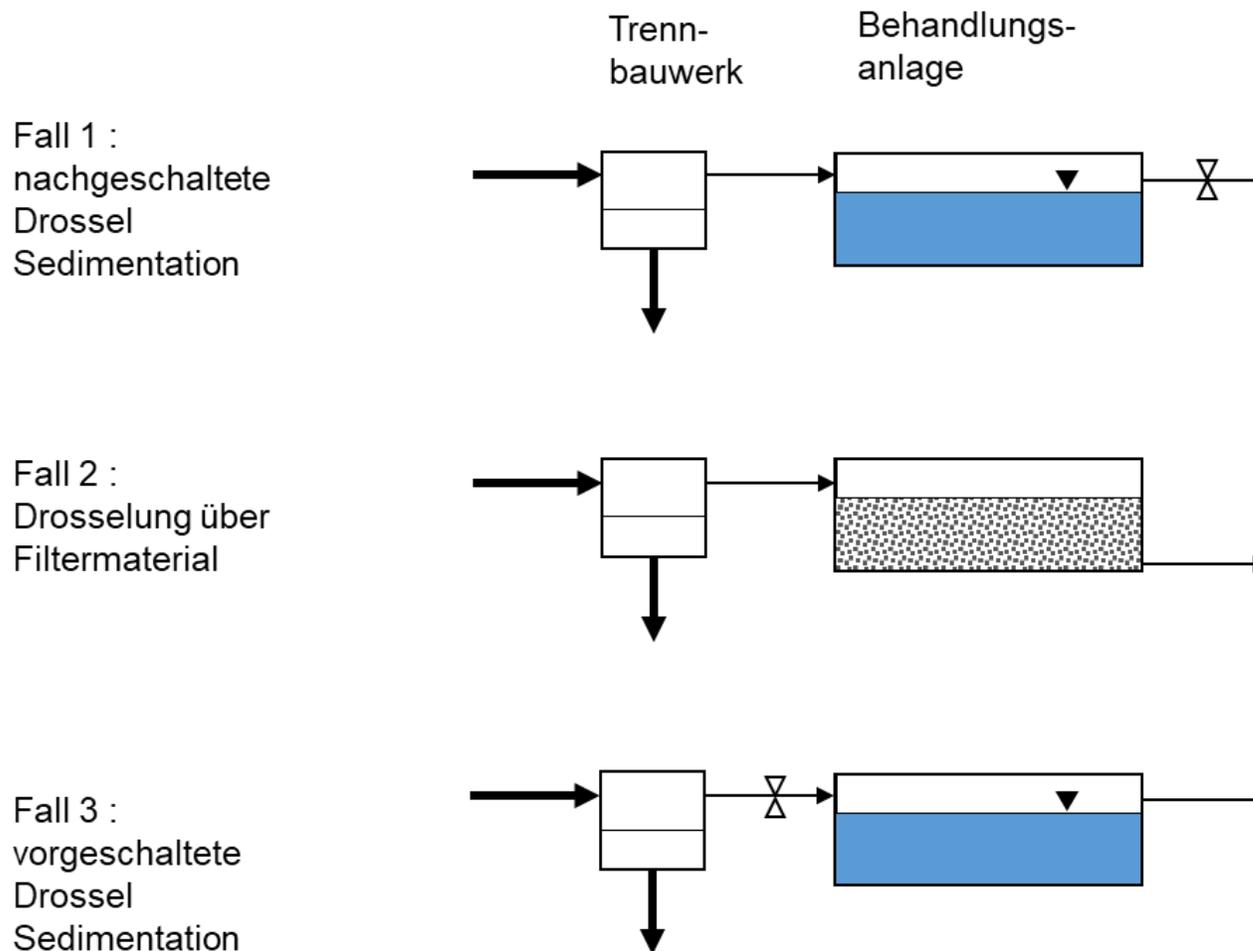
C_m = mittlerer Abflussbeiwert

□ Anlagenbemessung erfordert unter Umständen eine Abflussaufteilung

Zusammenhang r_{krit} und hydraulischer Wirkungsgrad

| η_{hydr} : Anteil Jahresniederschlagsabfluss in % | r_{krit} in l/(s·ha) |
|--|------------------------|
| 50 | 3 |
| 55 | 4 |
| 60 | 6 |
| 65 | 8 |
| 70 | 12 |
| 75 | 16 |
| 80 | 23 |
| 85 | 31 |
| 90 | 44 |
| 95 | 61 |
| 100 | ≥ 100 |
| Formel zur Berechnung von Zwischenwerten: $r_{krit} = 0,1201 \cdot e(0,0655 \cdot \eta_{hydr})$ | |

Möglichkeiten der Abflussaufteilung



Anlagenbemessung I

- ❑ Prüfung der Verfahrenseignung
 - ❑ Verkehrsfläche von 4.160 m²
 - ❑ Belastungskategorie II → 530 kg/(ha·a)
 - ❑ erforderliche Gesamtwirkungsgrad rechnerisch 47,2 %

$$\eta_{ges} = \eta_{BV} \cdot \eta_{hyd}$$

| Behandlungsverfahren | η_{BV} | η_{hyd} | |
|--|-------------|--------------|-----|
| Sedimentation , $q_{A,max} \leq 4$ m/h | 0,40 | 1,18 | ✘ |
| Sedimentation , $q_{A,max} \leq 2$ m/h | 0,52 | 0,91 | ✔/✘ |
| Sedimentation , $q_{A,max} \leq 1$ m/h | 0,61 | 0,77 | ✔ |
| Filtration, $v_F \leq 2,5$ m/h | 0,95 | 0,50 | ✔ |

Anlagenbemessung II - Sedimentation

❑ Bemessung der absetzwirksame Fläche

❑ $q_{A,max} \leq 2 \text{ m/h} \rightarrow \eta_{BV} = 0,52$

❑ $\eta_{hyd} = 91 \%$

$r_{krit} = 0,1201 \cdot e(0,0655 \cdot \eta_{hyd}) \rightarrow 46 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)}$

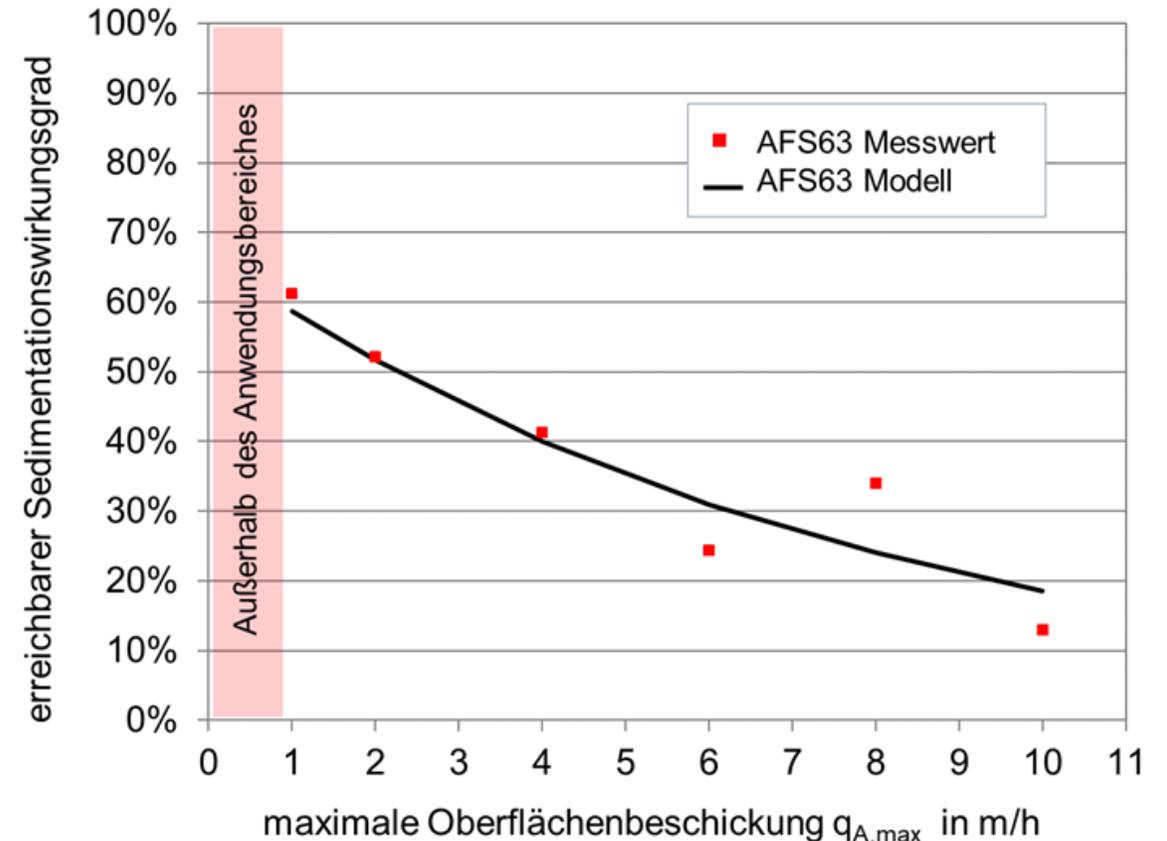
❑ Angeschlossenen Verkehrsfläche 4.160 m²

❑ Anlagenzufluss $Q_{zu} = 19 \text{ l/s}$

❑ Erforderliche absetzwirksame Fläche A_{Sed}

$A_{Sed} = Q_{zu} \cdot 3,6 / q_{A,max} = 34,2 \text{ m}^2$

❑ Bereitgestellt als ungegliederte Sedimentationskammer oder Schrägklärer



Anlagenbemessung III - Filtration

- ❑ Keine hydraulische Bemessung bei Filteranlagen
 - ❑ Vermeidung extrem hoher hydraulischer Filterbelastungen $\gg 100 \text{ m}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$
 - ❑ Reduzierung des Betriebsrisikos – Kolmation
 - ❑ Oberflächenfiltration
- ❑ Festlegung der erforderlichen Filterfläche über fixen Anteil Filterfläche pro angeschlossene, befestigte Fläche (0,8 %)
- ❑ Angeschlossenen Verkehrsfläche 4.160 m^2

$$A_F = A_{b,a} \cdot 0,008 = 33 \text{ m}^2$$

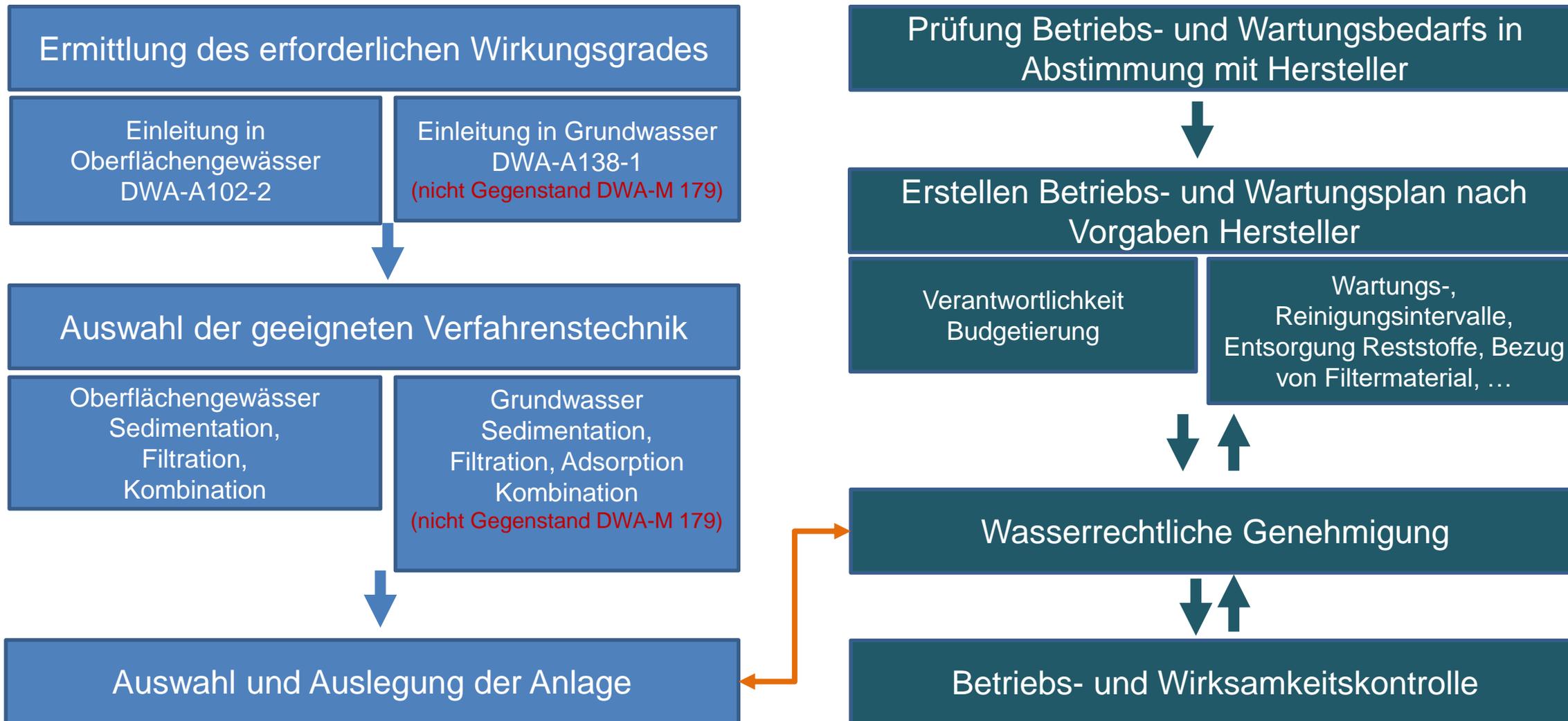
- ❑ Filterbelastung
 - ❑ hydraulische Last = $95 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$
 - ❑ Feststofflast = $4,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$

Betrieb – standörtliche Einflüsse auf AFS63 Aufkommen

| | | |
|---|---|----|
| Randbedingungen, die ein erhöhtes Aufkommen von AFS63 erwarten lassen | Verkehrsverhältnisse (z.B. Kreisverkehr, Lichtsignalanlagen, vermehrte Bremsvorgänge durch starke Steigungen/Gefälle) | +1 |
| | hoher Schwer-Verkehr-Anteil (> 8 % von jeweiliger DTV) | +1 |
| | regelmäßige Stoffeinträge (z.B. Vegetation (Baumüberdeckungsgrad), Fuhrunternehmen, Landwirtschaft) | +1 |
| | sonstige erhöhende Faktoren (z.B. intensiver Winterdienst, Randbebauung) | +1 |
| Randbedingungen, die ein geringeres Aufkommen von AFS63 erwarten lassen | häufige Straßenreinigung | -1 |
| | Schwer-Verkehr nahezu ausgeschlossen | -1 |
| | oberirdische Ableitung (z.B. offene Gerinne und Transportmulden mit signifikanten Feststoffrückhalt durch raue Oberflächen oder Barrieren auf dem Fließweg) | -1 |
| | sonstige mindernde Faktoren (z.B. fehlende Randbebauung → Luftbewegungen führen zu signifikanter Feststoffverfrachtung außerhalb von $A_{b,a}$) | -1 |
| SUMME: | | |

- Summe > 1 erhöhter Schlammanfall → erhöhter Aufwand beim Anlagenbetrieb
- Summe ≥ 3 sehr hoher Schlammanfall → mangelnde Betriebssicherheit der Anlage

Zusammenfassung Anlagenauslegung



Kontrolle, Reinigung und Wartung

- ❑ Durch Fachkundige nach Einweisung durch Anlagenhersteller
- ❑ Ggf. durch Wartungsverträge mit externen Fachkundigen



Quelle: DWA 2013, Hennef, 12. Regenwassertage 2013, Freiburg-Munzingen, Vortrag Die dezentrale Regenwasserbehandlung der Praxis, Zulassung – Planung – Betrieb, Dipl.-Ing. Stephan Ellerhorst, Düsseldorf

Zusammenfassung

- ❑ Grundanforderungen an die Auslegung werden aus Erfahrungen mit zentralen Anlagen abgeleitet
 - ❑ Sinkgeschwindigkeit der Partikel muss größer sein als Horizontalgeschwindigkeit
 - ❑ Filtergeschwindigkeit ist negativ mit Filtrationsgüte korreliert
- ❑ Rein hydraulische Bemessung von Filteranlagen ist nicht möglich
 - ❑ Filterflächen deutlich $< 0,8 \% A_{b,a}$ haben ein hohes Versagensrisiko
- ❑ Sedimentationsanlagen alleine häufig nicht ausreichend wirksam
- ❑ abgetrennte Sedimente müssen sicher / aerob gespeichert werden
 - ❑ Mindestvolumen / -tiefe
 - ❑ Mindestporenvolumen / -retentionsraum
 - ❑ kein Dauerstau über Sediment (Sauerstoffbedarf, Rücklösung)
- ❑ Auslegungskriterien bei Einleitung ins Oberflächengewässer sind robust und einfach umsetzbar
- ❑ Einleitung ins Grundwasser ist derzeit nicht abgedeckt im DWA-M 179
- ❑ Bedeutung des Betriebs bei dezentralen Anlagen von entscheidender Bedeutung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!