

Grobstoffrückhalt in Mischwasserentlastungsanlagen mittels intelligenter Rechenanlagen

WORKSHOP MODERNES KANALNETZMANAGEMENT



Inhalt

1. Ziele der Mischwassersiebung in Entlastungsanlagen

- 1.1 Grundziele der Mischwassersiebung
- 1.2 Ziele der weitergehenden (intelligenten) Mischwassersiebung

2. Grundanforderungen an Anlagen zum Grobstoffrückhalt

- 2.1 Hydraulische Leistungsfähigkeit der Rechenanlage
- 2.2 Rechenreinigung / Räumguttransport
- 2.3 Betriebssicherheit / Notentlastungsbetrieb

3. Weitergehende Anforderungen an Rechenanlagen

- 3.1 Lastabhängige Räumung (Intelli-Screen)
- 3.2 Entlastungsrechenbetrieb im Netzverbund (Intelli-Net)
- 3.3 Optimierter Betrieb

4. Beispiel: Regenüberlaufbecken B80 (Kläranlage Heusenstamm)

- 4.1 Veranlassung der Maßnahme
- 4.2 Umbau des Trennbauwerkes TB-I
- 4.3 Betriebserfahrung der ersten Ereignisse (29.10.2017 + 5.11.2017)

1.1 Grundziele der Mischwassersiebung

1. Vermeidung der Gewässerrandverschmutzung Grobstoffen

- Geringe Gewässerschutzwirkung jedoch hohe ästhetische Verbesserung -



Verschmutzungen im Auslaufbereich einer Entlastungsanlage



Stark mit Grobstoffen verunreinigter Entlastungsgraben

1.1 Grundziele der Mischwassersiebung

2. Reduzierung von Reinigungsaufwand und Betriebsstörungen - Wichtig: Vermeidung von Verlegung der Auslaufschutzgitter -



Aufstau im Bemessungslastfall



Teilverlegte Auslaufschutzgitter



Verzopfungen an einem Rührwerk



1.2 Ziele der weitergehenden (intelligenten) Mischwassersiebung

3. Verminderung der Gewässerbelastung durch sauerstoffzehrende Stoffe

- Filterwirkung des Siebgutkuchens durch gezielte Rechenverlegung
- Reduzierung des Entlastungsvolumens an Regenüberläufen durch Aktivierung von Rückhaltevolumen im Kanal mittels Wasserspiegelregelung mit dem Siebrechen durch gezielte Rechenverlegung



1.2 Ziele der weitergehenden (intelligenten) Mischwassersiebung

4. Beispiel: variable Stauhöhe im Trennbauwerk eines Verbundbeckens

Sollwertvorgabe an den Rechen von einer übergeordneten Ebene (Intelli-Net)

1. Vollausträumung bei Füllung der Fangkammer des Verbundbeckens
→ niedriger Wasserspiegel im Zulaufkanal, Spülwirkung
2. Teillausträumung bei Füllung der Durchlaufkammer des Verbundbeckens
→ Filterbetrieb, weitergehender AFS-Rückhalt

Zustandsabhängige Stauziele

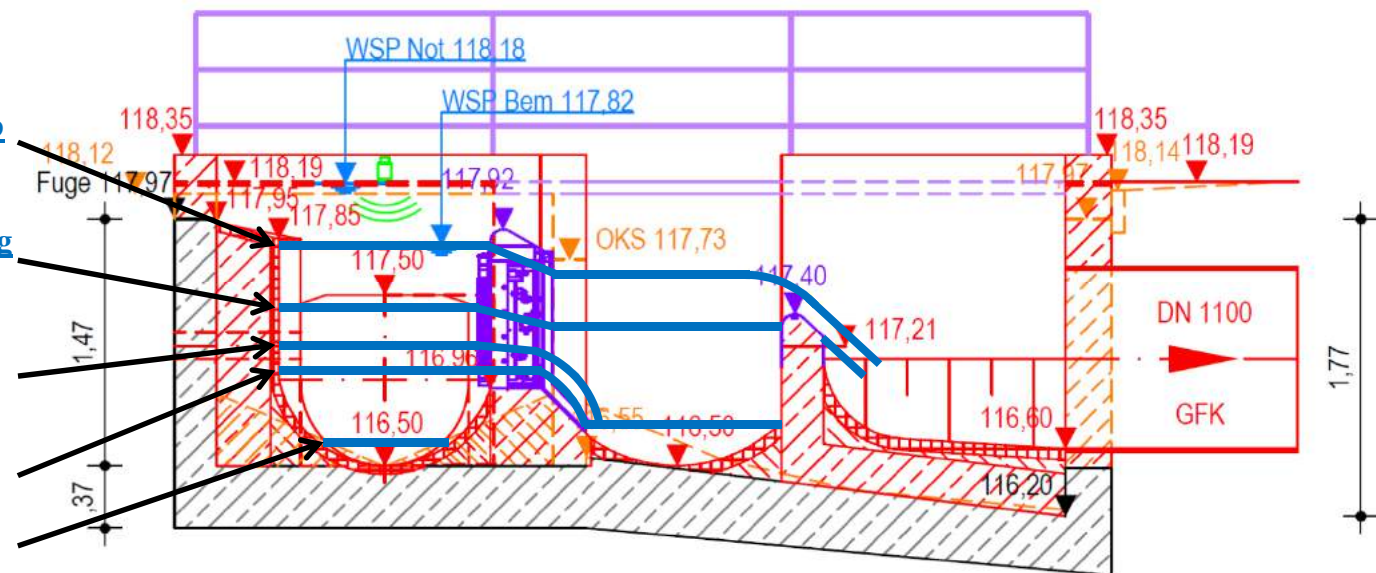
max. Beckenüberlaufbetrieb
(Räumung im Volllastbetrieb)

Durchlaufbeckenbeschickung
(Räumung im Filterbetrieb)

Fangbeckenbeschickung
(Räumung im Volllastbetrieb)

Entlastungsbeginn

Trockenwetterabfluss



2. Grundanforderungen an Anlagen zum Grobstoffrückhalt

2.1 Hydraulische Leistungsfähigkeit der Rechenanlage

Einflüsse auf die hydraulische Leistungsfähigkeit:

1. Anströmbedingungen (Querschnitt, Strömungszustand, Strömungsrichtung)
2. Rechenrostbelegung, Räumweglänge, Kurzschlussströmungen am Rechenränder
3. Turbulenz im Bereich der Rechenräumeinrichtung
3. Abflussbedingungen hinter dem Rechenrost (Rückstau einfluss)



Räumeinrichtung (Bürstenwagen) im Zuflussquerschnitt



Räumeinrichtung (Abstreifer) im Abflussquerschnitt

2. Grundanforderungen an Anlagen zum Grobstoffrückhalt

2.1 Hydraulische Leistungsfähigkeit der Rechenanlage

Grundlegende Empfehlungen aus dem Praxisbeobachtungen:

1. Rechnerische Berücksichtigung der Rechenrostbelegung insbesondere bei flachen, ablagerungsgefährdeten Einzugsgebieten von großer Bedeutung
2. Niedrige Schwellen → horizontaldurchströmte Rechenanlagen (günstigere Anströmung)
3. Hohe Schwellen → vertikaldurchströmte Rechenanlagen (günstigere Anströmung)



Horizontal durchströmter Stabrechen auf niedriger Schwelle

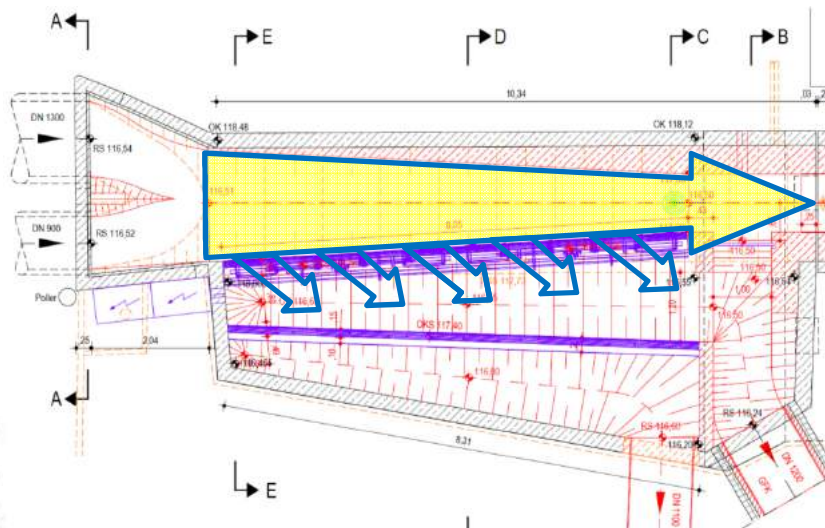


Vertikal durchströmter Lochblechrechen auf hoher Schwelle

2. Grundanforderungen an Anlagen zum Grobstoffrückhalt

2.2 Rechenreinigung / Räumguttransport

1. Räumsystem mit Längstransport bei hohem Siebgutanteil
2. Abstreifer siebgutschonender als Bürsten- oder Schnecken („Fleischwolfeffekt“)
3. Gerinneverengung in Fließrichtung für ausreichende Fließgeschwindigkeit
4. Trockenwettergerinne vor dem Rechen ohne Berme führen



2. Grundanforderungen an Anlagen zum Grobstoffrückhalt

2.2 Rechenreinigung / Räumguttransport

Lochblechrechen vs. Stabrechen

- + Günstigere Rückhaltewirkung feiner Faserstoffen auf dem Rechenrost
- + Kein Nachspannen des Rechenrostes bei Temperaturänderungen erforderlich
- Geringere spezifische Hydraulische Kapazität als Stabrechen
- Kein linearer Siebguttransport realisierbar → Ansammlung von Siebgut am Rechen
- Zerkleinerung des Rechengutes im Rechenrost („Fleischwolleffekt“)



2. Grundanforderungen an Anlagen zum Grobstoffrückhalt

2.2 Rechenreinigung / Räumguttransport

Lochblechrechen vs. Stabrechen

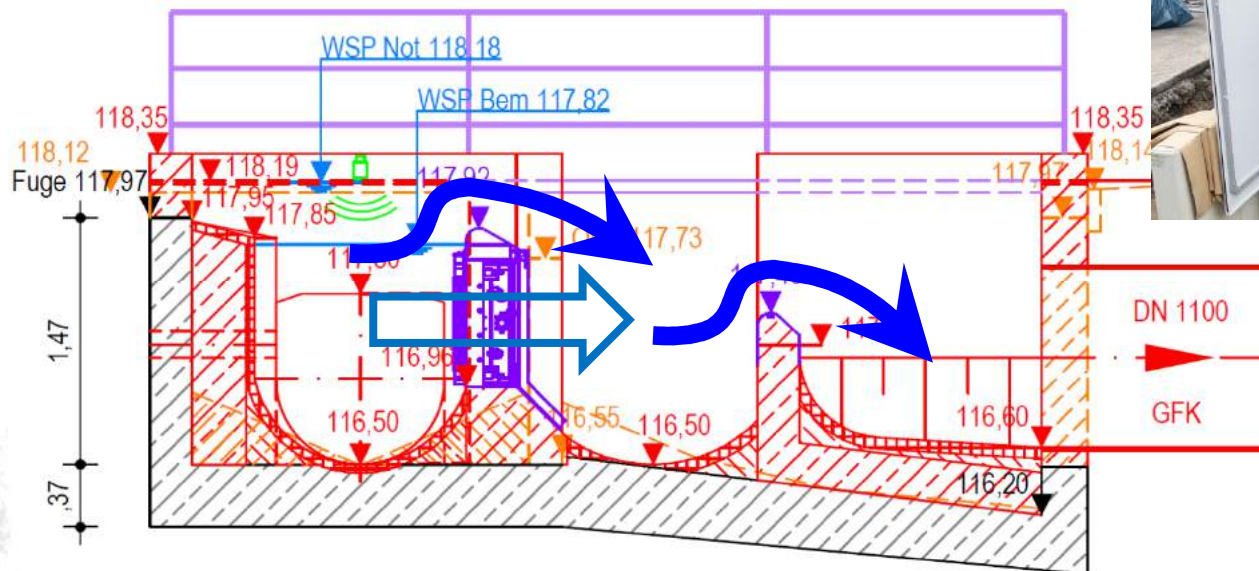
- Geringere Rückhaltewirkung feiner Faserstoffe in den Rechenstäben
- Nachspannen des Rechenrostes bei Temperaturänderungen erforderlich
- + Höhere spezifische hydraulische Kapazität als Lochblechrechen
- + linearer Siebguttransport → kontinuierlicher Abtransport des Siebgutes
- + Schonender Siebguttransport → keine Zerkleinerung des Rechengutes



2. Grundanforderungen an Anlagen zum Grobstoffrückhalt

2.3 Betriebssicherheit / Notentlastungsbetrieb

1. Bemessungsabfluss über zwei unabhängige Rechenanlagen führen (Redundanz)
2. Notentlastung für den Lastfall: „vollständig verlegter Rechen“
3. Ersatzstromeinspeisung über mobiles Aggregat



3. Weitergehende Anforderungen an Rechenanlagen

3.1 Lastabhängige Räumung (Intelli-Screen)

- langsame Rechenrosträumung im Teillastbetrieb der Rechenanlage (Intelli-Screen)
- hydraulischer Wasserdruck bewirkt eine Durchströmung des Siebgutkuchens
- Teilrückhaltung von abfiltrierbaren Stoffen im Siebgutkuchen
- Aktivierung von Rückhaltevolumen im Kanalnetz durch Wasserspiegelanhebung
- Erhöhung der Räumgeschwindigkeit bei steigendem Wasserstand
- Max. Räumgeschwindigkeit im Bemessungslastfall



Horizontalstabrechenanlage mit abgereinigtem Rechenrost
(maximale Räumgeschwindigkeit)



Horizontalstabrechenanlage im Filterbetrieb
(reduzierte Räumgeschwindigkeit)

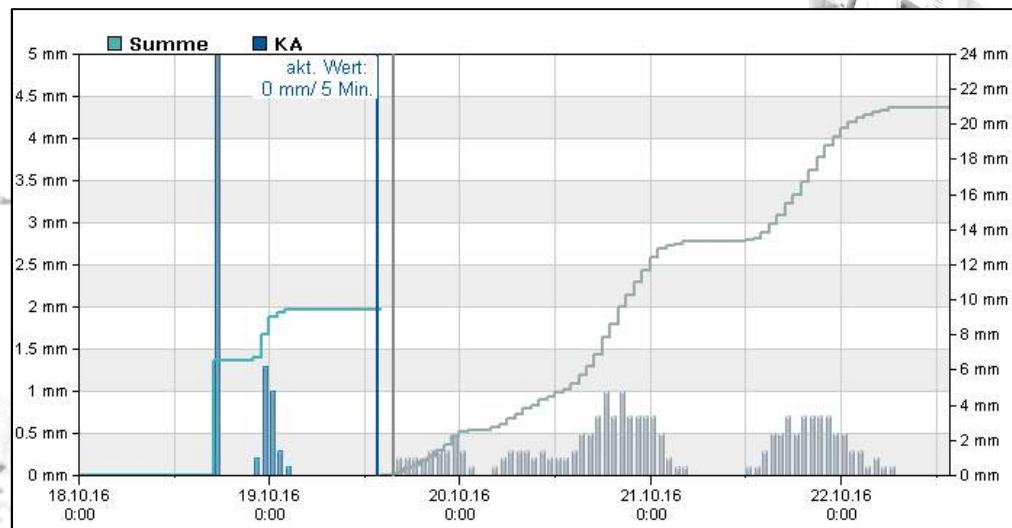
3. Weitergehende Anforderungen an Rechenanlagen

3.2 Entlastungsrechenbetrieb im Netzverbund (Intelli-Net)

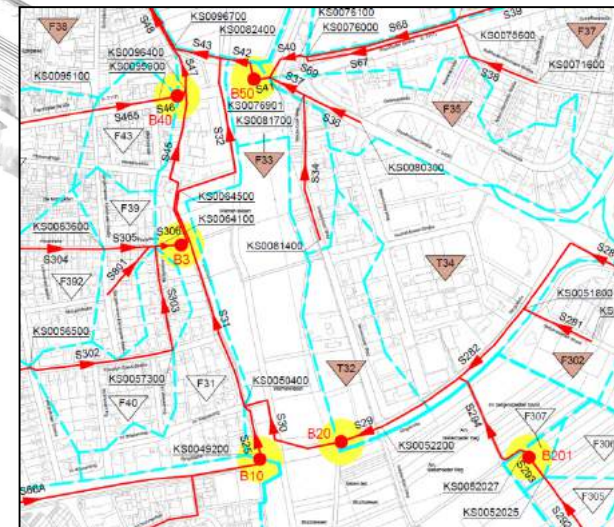
Anlagenparameter werden von übergeordneter SPS bzw. einem Prozessleitsystem als Netzverbundsteuerung in Abhängigkeit versch. Randbedingungen im Kanalnetz vorgegeben

Ziel der Netzverbundsteuerung:

Minimierung des Entlastungsvolumens und der Schmutzfracht in Abhängigkeit der hydraulischen Auslastung – und der prognostizierten Auslastung des Kanalnetzes (NIRA-WEB)



Niederschlagsradarauswertung und Niederschlagsprognose (NIRA-WEB)



Verbundsystembeispiel

3. Weitergehende Anforderungen an Rechenanlagen

3.3 Optimierter Betrieb

- **Hydraulische Randbedingungen - Standardbauweise:**
 - Überfallbeiwert $\mu = 0,5$ über gesamte Rechenlänge
 - Auskämmvorrichtung auf ca. 25 % der Rechenlänge
 - Überfallbeginn über der Auskämmvorrichtung 5 cm über Notentlastungsbeginn



Standardnotentlastungsschwelle (breitkroniges Wehr)



Überströmung einer breitkronigen Wehrschwelle

3. Weitergehende Anforderungen an Rechenanlagen

3.3 Optimierter Betrieb

- **Hydraulische Randbedingungen – Optimiertes Überfallprofil:**
 - Überfallbeiwert $\mu = 0,75$ über gesamte Rechenlänge
 - Überfallbeginn ca. 10 cm höher als in der Standardbauweise
 - Rechenbauhöhe durch Vordruckaktivierung bei gleicher hydraulischer Leistung ca. 5 cm niedriger als in der Standardbauweise
- Notentlastungsbeginn 5 cm Höher als in der Standardbauweise



Strömungsoptimierte Notentlastungsschwelle



Überströmung einer strömungsoptimierten Wehrschwelle

3. Weitergehende Anforderungen an Rechenanlagen

3.3 Optimierter Betrieb

Hydraulische Überströmhöhenreduzierung bei freiem Überfall:

Niedrige Schwelle gemäß DWA-A166:
Schwellenbelastung $\leq 300 \text{ l/s} \cdot \text{m}$

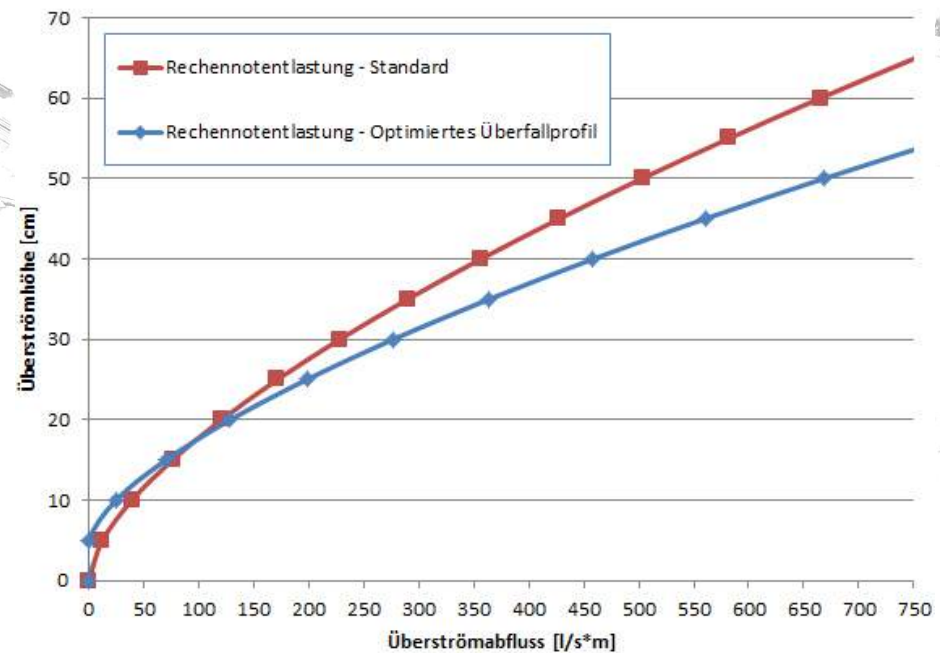
$\approx 4 \text{ cm}$

Hohe Schwelle gemäß DWA-A166:
Schwellenbelastung $\leq 700 \text{ l/s} \cdot \text{m}$

$\approx 12 \text{ cm}$

Stauhöhe	Überfall - Rechmitte (75 %)	Überfall - Auskämm. (25 %)	Notüberlauf - Standardbauweise	Notüberlauf - Optimiertes Überfallprofil
[cm]	[$\text{l/s} \cdot \text{m}$; $\mu = 0,5$]	[$\text{l/s} \cdot \text{m}$; $\mu = 0,5$]	[$\text{l/s} \cdot \text{m}$]	[$\text{l/s} \cdot \text{m}$; $\mu = 0,75$]
70	649	193	842	1161
65	580	172	752	1029
60	515	151	665	903
55	452	131	582	783
50	392	111	503	669
45	334	93	428	560
40	280	76	357	459
35	229	61	290	364
30	182	46	228	277
25	138	33	171	198
20	99	21	120	129
15	64	12	76	70
10	35	4	39	25
5	12	0	12	0
0	0	0	0	0

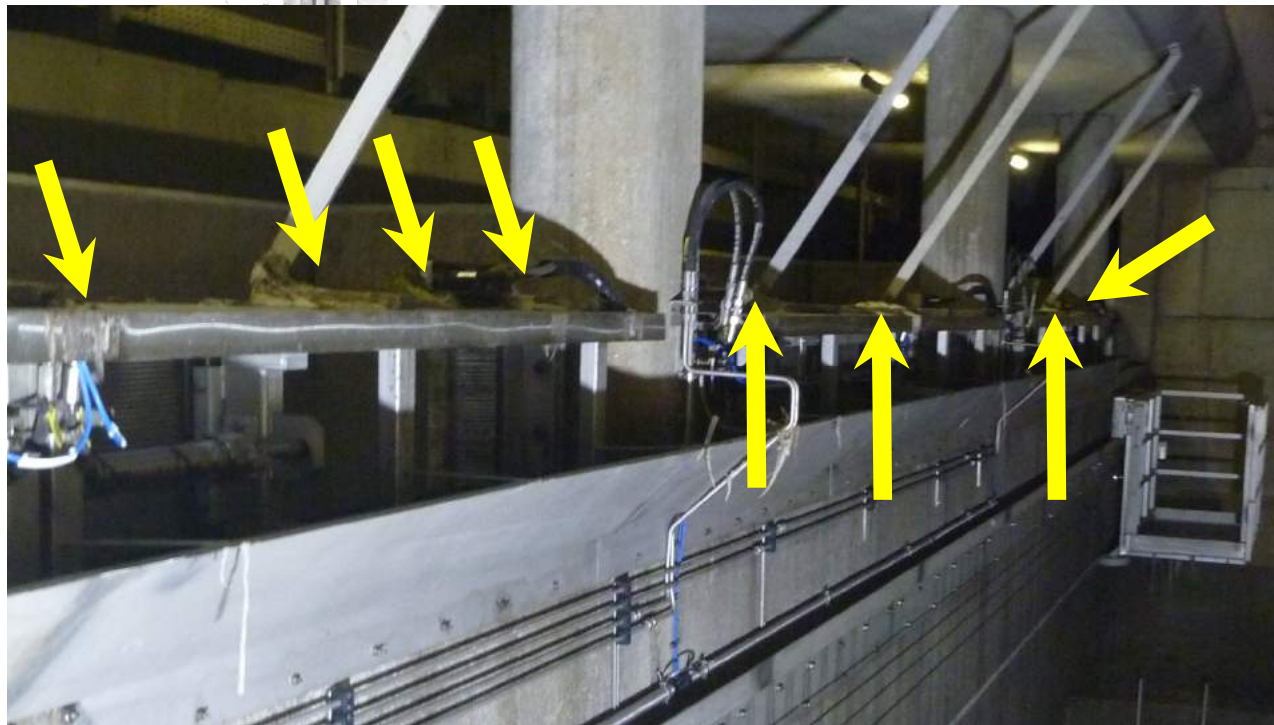
Hydraulische Notüberströmkennlinie



3. Weitergehende Anforderungen an Rechenanlagen

3.3 Optimierter Betrieb

- Verschmutzungsschutzkapselung der Leitungen und der Auskämmvorrichtung



Starke Verschmutzungen einer Rechenanlage nach einem Notüberströmereignis

3. Weitergehende Anforderungen an Rechenanlagen

3.3 Optimierter Betrieb

- Verschmutzungsschutzkapselung der Leitungen und der Auskämmvorrichtung



Vollständige Kapselung von Auskämmvorrichtung, Hydraulik- und Steuerleitungen im optimierten Überlaufprofil

3. Weitergehende Anforderungen an Rechenanlagen

3.3 Optimierter Betrieb

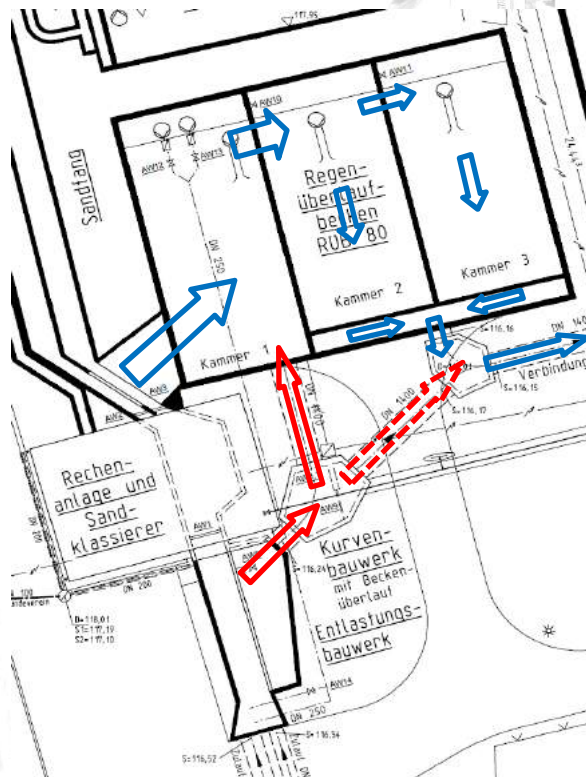
- Restentleerungsklappe des Staublechschlitzes



4. Beispiel: Regenüberlaufbecken B80 (Kläranlage Heusenstamm)

4.1 Veranlassung der Maßnahme

- Bestand:**
- Hauptregenabschlag hinter der Hauptrechenanlage der Kläranlage
 - Notabschlag vor der Rechenanlage (ohne Grobstoffrückhalt)



Trennbauwerk – B80 Kläranlage



Notentlastungsbauwerk – B80 Kläranlage

4. Beispiel: Regenüberlaufbecken B80 (Kläranlage Heusenstamm)

4.1 Veranlassung der Maßnahme

Betriebsprobleme (1/3):

- Starker Rückstau von der Hauptrechenanlage der Kläranlage in das Kanalnetz
→ Massive Ablagerungen in den beiden Hauptsammelkanälen



Kanalablagerungen nach einem Starkregenereignis



Rückstausituation bei Regennachlauf (Beckenentleerung)

4. Beispiel: Regenüberlaufbecken B80 (Kläranlage Heusenstamm)

4.1 Veranlassung der Maßnahme

Betriebsprobleme (2/3):

- Stoffliche Überlastung der Hauptrechenanlage der Kläranlage

→ Ablösung des Rechengutteppisches vom Rechenrost („Walze“)



Hauptrechenanlage der Kläranlage (Filterstufenrechen)



Rechengutwalze an der Hauptrechenanlage der Kläranlage

4. Beispiel: Regenüberlaufbecken B80 (Kläranlage Heusenstamm)

4.1 Veranlassung der Maßnahme

Betriebsprobleme (3/3):

- Hydraulische Überlastung der Hauptrechenanlage der Kläranlage
 - pulsierende Turbulenzen lösen Rechengut vom Rechenrost
 - hoher Strömungsdruck presst Faserstoffe durch den Rechenrost



Turbulenz an der Hauptrechenanlage der Kläranlage



Rechengutablösung durch pulsierende Turbulenzen vor dem Rechen

4. Beispiel: Regenüberlaufbecken B80 (Kläranlage Heusenstamm)

4.2 Umbau des Trennbauwerkes TB-I

Betriebskonzept (1/2):

- Ersatz des Notüberlaufes durch eine Hochleistungsrechenanlage mit $Q_e = 3.200 \text{ l/s}$ mit Wasserspiegelabsenkung im Zulaufkanal durch Intelli-Net-Betrieb der Rechenanlage
- Rückbau des alten Abschlagsbauwerkes hinter der Hauptrechenanlage
- Abflussdrosselung an der Hauptrechenanlage der Kläranlage auf $Q_d = 267 \text{ l/s}$
- Umbau des vorhandenen Durchlaufbeckens zu einer Verbundbeckenanlage
- Freigefälleuvorfüllung des Regenüberlaufbeckens bis ca. 75 % Stauhöhe im Becken
- Pumpwerksbeschickung des Regenüberlaufbeckens mit dem Klärüberlauf bis zum kritischen Mischwasserabflusses über eine Rohrschachtpumpenanlage ($Q_{\text{krit}} = 750 \text{ l/s}$)
- Beschickung einer hydraulisch optimierte Beckenüberlaufschwelle im Zulaufbauwerk durch Rückstau aus dem Mischwasserpumpwerk bei Starkregenereignissen

4. Beispiel: Regenüberlaufbecken B80 (Kläranlage Heusenstamm)

4.2 Umbau des Trennbauwerkes TB-I

Betriebskonzept (2/2):

Mischdrosselwasserabfluss ($Q \leq Q_d$)

Mischwasserabfluss, Freigefälle ($Q_d < Q \leq Q_{krit} - Q_d$)

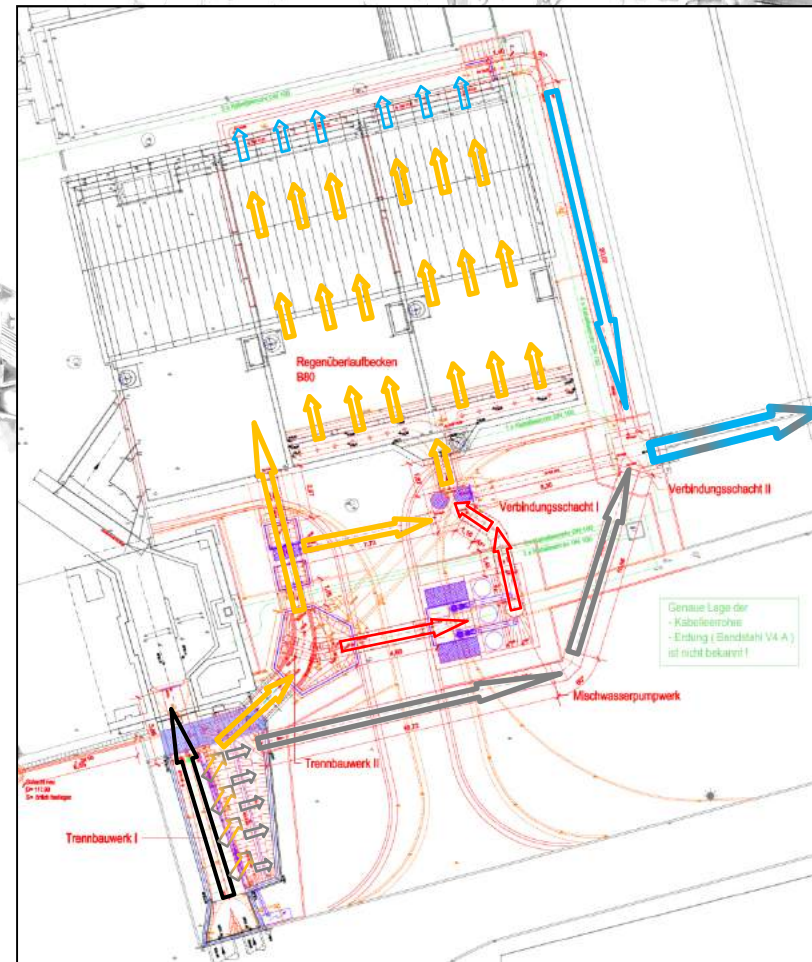
Mischwasserabfluss, Pumpbetrieb ($Q_d < Q \leq Q_{krit} - Q_d$)

Klärüberlaufabfluss ($Q_d < Q \leq Q_{krit} - Q_d$)

Beckenüberlaufabfluss ($Q > Q_{krit} - Q_d$)



Trenn- und Beckenüberlaufbauwerk mit Rechenanlage (Bauphase)



4. Beispiel: Regenüberlaufbecken B80 (Kläranlage Heusenstamm)

4.2 Umbau des Trennbauwerkes TB-I

Umbau des Notentlastungsbauwerkes zum Kombinationsbauwerk

- Trennbauwerk - I mit Entlastungssiebrechen und Beckenüberlauf -

Umbau unter Aufrechterhaltung
des Betriebes
8/2017 – 11/2017



4. Beispiel: Regenüberlaufbecken B80 (Kläranlage Heusenstamm)

4.3 Umbau der Fließwege (Baustellenbesichtigung heute Nachmittag)

Fließweganpassungen in beengtem Baufeld 12/2017 - jetzt

- Trennbauwerk - II als monolithischer Betonfertigteilschacht
- Klärüberlaufgerinne in Ortbetonbauweise



4. Beispiel: Regenüberlaufbecken B80 (Kläranlage Heusenstamm)

4.3 Betriebserfahrung der ersten Ereignisse (29.10.2017 + 5.11.2017)

Intelli-Screen-Teillastbetrieb (Filterbetrieb)

- gute Rückhaltewirkung für Grob- und Feinschwebstoffe
- zuverlässige Stauzielregelung



4. Beispiel: Regenüberlaufbecken B80 (Kläranlage Heusenstamm)

4.3 Betriebserfahrung der ersten Ereignisse (29.10.2017 + 5.11.2017)

Räumguttransport

- gerichteter Räumguttransport und Abspülung bei schwacher und starker Belegung
- bei außerordentlich starker Belegung teilweise Überschlagen der Räumgutpakete



4. Beispiel: Regenüberlaufbecken B80 (Kläranlage Heusenstamm)

4.3 Betriebserfahrung der ersten Ereignisse (29.10.2017 + 5.11.2017)

Volllastbetrieb

- gerichtete hydraulische Durchströmung der Rechenanlage, hohe Räumleistung
- gleichmäßige Durchströmung der Rechenanlage – auch unter Rückstau



4. Beispiel: Regenüberlaufbecken B80 (Kläranlage Heusenstamm)

4.3 Betriebserfahrung der ersten Ereignisse (29.10.2017 + 5.11.2017)

Überlastbetrieb

- strömungsgünstige, gleichförmige Überströmung der Rechenanlage
- vollständig belüfteter Überfallstrahl auf der gesamten Rechenbreite



4. Beispiel: Regenüberlaufbecken B80 (Kläranlage Heusenstamm)

4.3 Betriebserfahrung der ersten Ereignisse (29.10.2017 + 5.11.2017)

Weiterer Optimierungsbedarf:

- Hydraulikdruckregelung im Intelli-Betrieb zur Steigerung der Räumkraft der Auskämmvorrichtung bei starker Belegung
- Räumung der Rechenenden (hinter der Auskämmvorrichtung) durch Umgestaltung des Räumquerschnittes der Auskämmvorrichtung (doppelseitige Hakenform)



Ende – Fragen ?

