



Anlass

- Beurteilung der Reinigungsleistung der ARA im Jahresrapport basiert auf Eigenkontroll-Analysen
- Qualitätssicherung der Eigenkontroll-Analysen



Probenmaterial

- 3 synthetische Proben mit löslichen Stoffen
- Homogenes Probenmaterial für alle gleich
- Chemisch stabiles Probenmaterial
- Gehalte genau bekannt
- Nur fotometrische Analysen möglich



Auswertung

- Beurteilte Daten:
nur numerische Werte (keine Bewertung wie <1 oder >40)
- Statistische Auswertung (Grubbs/zScore)
- Auswertung nach Lab'Eaux

Statistische Auswertung

- Ausreissertest (Grubbs) zur Ermittlung von groben Fehlmessungen
- Z-Score Auswertung

Verwendet pro Wert ein Prüferesultat

$$d = \text{abs}(x-m) / s$$

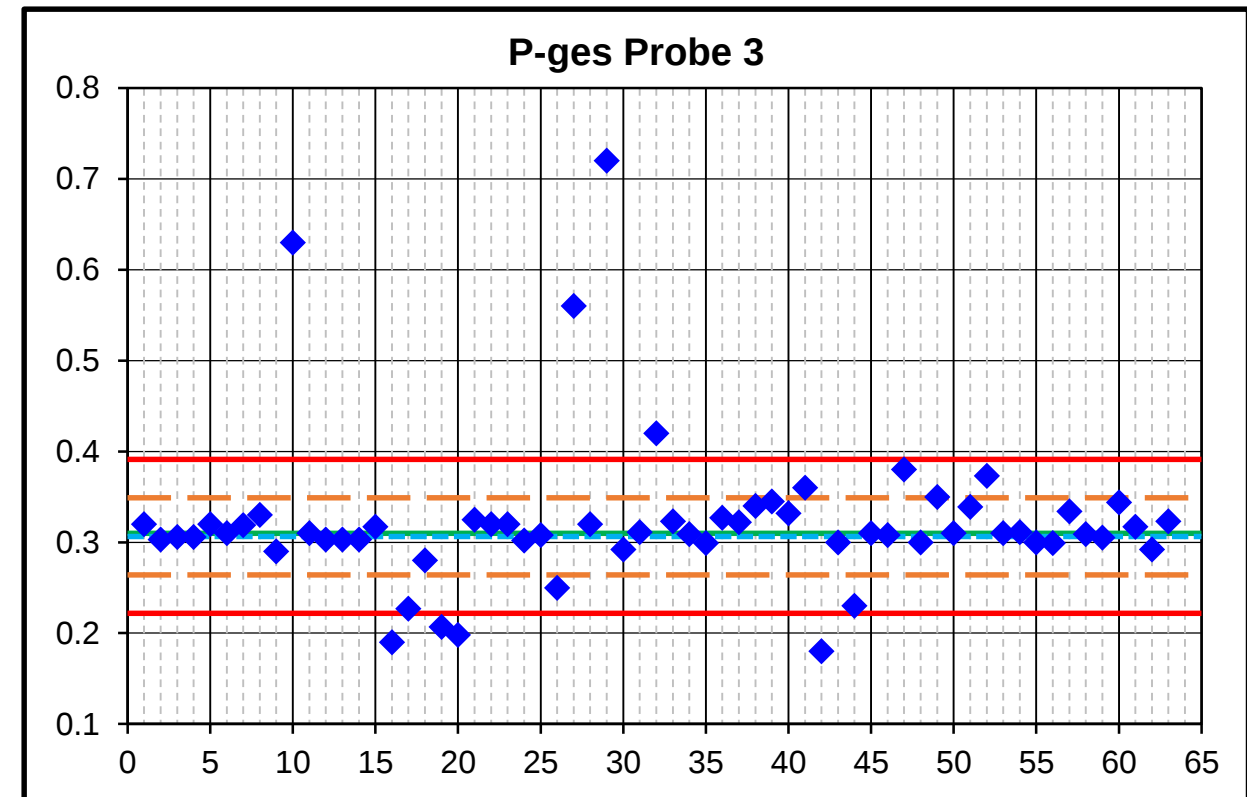
ergibt Beurteilung in 4 Klassen:

gut (sehr gut)

erfüllt (gut)

ungenügend (ug1)

fragwürdig (ug2)

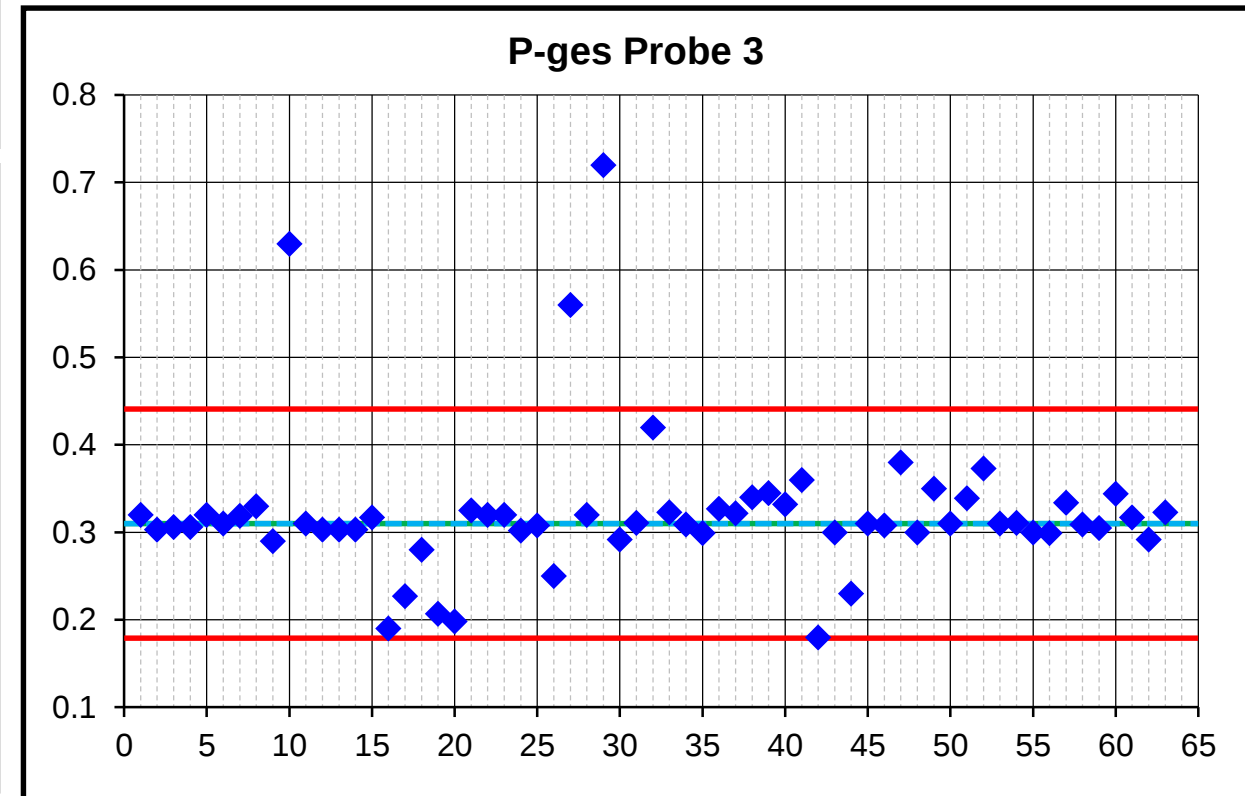




Toleranzgrenzen nach Lab'Eaux

ZUFLUSS-Parameter	mg/L
Totaler organischer Kohlenstoff	10 % + 15
Chemischer Sauerstoffbedarf, roh	10 % + 40
Gesamtphosphor	10 % + 0.4
Gesamtstickstoff	10 % + 3
Ammonium-Stickstoff	10 % + 2
Biochemischer Sauerstoffbedarf nach n Tagen (BSB ₅) mit ATH ¹	10 % + 20

ABFLUSS-Parameter	
Chemischer Sauerstoffbedarf, roh	10 % + 5
Chemischer Sauerstoffbedarf, gelöst	10 % + 3
Gesamtphosphor	10 % + 0.1
Gesamtstickstoff	10 % + 1
Ammonium-Stickstoff	10 % + 0.3
Nitrit-Stickstoff	10 % + 0.05
Nitrat-Stickstoff	10 % + 0.5
o-Phosphat-P	10 % + 0.05
Biochemischer Sauerstoffbedarf nach n Tagen (BSB ₅) mit ATH ¹	10 % + 2
Gelöster organischer Kohlenstoff	10 % + 2
Gesamte ungelöste Stoffe (GUS)	10 % + 2





Z-Score

CSB			P-ges			N-ges			NH4-N			NO3-N			NO2-N		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	--	--	--	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	gut	s. gut	s. gut	s. gut
s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	--	--	--	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut
gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	gut	s. gut	gut	s. gut	s. gut	gut	s. gut	s. gut	s. gut
s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	gut	gut	s. gut	s. gut	gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	gut	s. gut
s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	--	--	--	s. gut	s. gut	Ausr.	gut	gut	s. gut	gut	s. gut	s. gut
s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	--	--	--	s. gut	s. gut	ug1	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	gut	s. gut
s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut
s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	gut	s. gut	gut	s. gut	s. gut	--	--	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut
s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	--	--	--	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	gut	s. gut
ug1	gut	gut	s. gut	Ausr.	Ausr.	--	--	--	Ausr.	s. gut	Ausr.	gut	s. gut	ug3	s. gut	s. gut	s. gut
s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut
s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	--	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut
s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	gut	gut	gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut
s. gut	s. gut	gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	Ausr.	s. gut	ug1
s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	gut	s. gut	s. gut	s. gut	gut	ug1	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut
ug1	ug1	ug1	ug1	ug1	ug1	gut	s. gut	s. gut	ug1	ug3	ug1	ug1	gut	s. gut	gut	gut	gut
ug1	ug1	s. gut	s. gut	Ausr.	gut	gut	s. gut	gut	ug1	ug1	s. gut	ug1	s. gut	s. gut	Ausr.	gut	gut
ug1	ug1	gut	s. gut	ug1	s. gut	gut	gut	s. gut	s. gut	s. gut	gut	s. gut	s. gut	s. gut	ug1	gut	gut
ug1	ug1	s. gut	gut	Ausr.	ug1	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	gut	gut	ug1	s. gut	s. gut	ug1	ug1	gut
ug1	ug1	gut	gut	Ausr.	ug1	s. gut	s. gut	gut	gut	ug1	gut	ug1	s. gut	s. gut	Ausr.	gut	ug1
s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	gut	s. gut	s. gut	s. gut	gut	ug1	Ausr.	gut	s. gut
s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	Ausr.
s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	Ausr.
s. gut	s. gut	Ausr.	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	gut	gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	gut	gut
gut	gut	gut	s. gut	gut	s. gut	gut	s. gut	s. gut	ug1	gut	gut	--	gut	s. gut	s. gut	gut	gut
s. gut	s. gut	gut	ug1	gut	gut	ug2	s. gut	gut	Ausr.	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	gut	s. gut
s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	ug1	Ausr.	s. gut	gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	gut	s. gut	s. gut	gut	gut	gut
s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut
s. gut	s. gut	gut	s. gut	s. gut	Ausr.	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	gut
s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	--	--	--	gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	gut	gut
s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	--	--	--	s. gut	s. gut	s. gut	gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut	s. gut
s. gut	gut	s. gut	ug3	ug1	ug1	--	--	--	s. gut	gut	s. gut	Ausr.	ug1	s. gut	gut	s. gut	s. gut

Lab'Eaux

CSB			P-ges			N-ges			NH4-N			NO3-N			NO2-N		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
iO	iO	iO	iO	iO	iO	--	--	--	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO
iO	iO	iO	iO	iO	iO	--	--	--	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO
iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	xx	iO	iO
iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO
iO	iO	iO	iO	iO	iO	--	--	--	iO	iO	xx	iO	iO	iO	iO	iO	iO
iO	iO	iO	iO	iO	iO	--	--	--	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO
iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO
iO	iO	iO	iO	iO	iO	--	--	--	iO	iO	--	--	iO	iO	iO	iO	iO
iO	iO	iO	iO	iO	iO	--	--	--	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO
iO	iO	iO	iO	xx	xx	--	--	--	xx	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO
iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO
iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	--	iO	xx	iO	iO	iO
iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	xx	xx	iO	iO	iO
iO	iO	xx	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	xx	iO	xx
iO	iO	xx	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	xx	xx	iO	iO	xx
iO	iO	xx	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	xx	iO	xx
iO	iO	xx	iO	xx	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	xx	iO	xx
iO	iO	xx	iO	xx	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	xx	iO	xx
iO	iO	xx	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	xx	iO	xx
xx	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	--	iO	iO	iO	iO	iO
iO	iO	xx	xx	iO	iO	xx	iO	iO	xx	iO	iO	xx	iO	iO	iO	iO	iO
iO	iO	iO	iO	xx	xx	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO
iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO
iO	iO	iO	iO	iO	xx	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO
iO	iO	iO	iO	iO	iO	--	--	--	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO
iO	iO	iO	iO	iO	iO	--	--	--	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO	iO
iO	iO	iO	xx	xx	iO	--	--	--	iO	iO	iO	xx	iO	iO	iO	iO	iO



Resultate (Auswertung nach Z-Score)

Parameter in [mg/l]	Messwert	Sollwert	Mittelwert	StAbw	Abw%	Toleranz "sehr gut"	Toleranz "gut"	Beurteilung Z-Score
	x_i		m	s	(x-m)%	+/- 1s	+/- 2s	
CSB 1	693	652	695	37.5	-0.3%	658 - 733	620 - 770	sehr gut
CSB 2	491	465	477	30.0	2.9%	447 - 507	417 - 537	sehr gut
CSB 3	35.1	25.3	29.2	3.5	20.4%	25.7 - 32.6	22.2 - 36.1	gut
P _{ges} 1	17.19	17.00	17.44	1.04	-1.5%	16.41 - 18.48	15.37 - 19.52	sehr gut
P _{ges} 2	2.61	2.41	2.56	0.13	2.0%	2.43 - 2.69	2.30 - 2.82	sehr gut
P _{ges} 3	0.30	0.31	0.31	0.04	-1.1%	0.26 - 0.35	0.22 - 0.39	sehr gut
N _{ges} 1	85.60	86.99	88.96	4.66	-3.8%	84.30 - 93.63	79.64 - 98.29	sehr gut
N _{ges} 2	63.50	65.25	65.83	4.33	-3.5%	61.51 - 70.16	57.18 - 74.49	sehr gut
N _{ges} 3	37.80	34.70	36.11	1.83	4.7%	34.27 - 37.94	32.44 - 39.77	sehr gut
NH ₄ -N 1	53.20	54.58	54.09	3.19	-1.7%	50.91 - 57.28	47.72 - 60.47	sehr gut
NH ₄ -N 2	33.80	34.94	34.50	1.84	-2.0%	32.66 - 36.35	30.81 - 38.19	sehr gut
NH ₄ -N 3	0.71	0.75	0.72	0.08	-1.8%	0.64 - 0.81	0.56 - 0.89	sehr gut
NO ₃ -N 1	3.61	3.74	3.56	0.29	1.4%	3.27 - 3.85	2.97 - 4.15	sehr gut
NO ₃ -N 2	17.40	18.94	17.96	0.95	-3.1%	17.01 - 18.91	16.06 - 19.86	sehr gut
NO ₃ -N 3	33.80	38.36	34.70	1.82	-2.6%	32.89 - 36.52	31.07 - 38.33	sehr gut
NO ₂ -N 1	0.088	0.058	0.064	0.007	37.5%	0.057 - 0.071	0.051 - 0.077	Ausreisser
NO ₂ -N 2	0.723	0.754	0.737	0.052	-1.9%	0.685 - 0.789	0.633 - 0.841	sehr gut
NO ₂ -N 3	1.013	1.246	1.200	0.070	-15.6%	1.130 - 1.269	1.060 - 1.339	ungenügend1



Gründe für ungenügende Resultate

- Falscher Küvettentest (Resultat ausserhalb Messbereich)
- Unkorrekte Handhabung des Küvettentests
→ Mengen, Reaktionszeiten, Temperaturen exakt einhalten
- Fehlerhafte Berechnung der Verdünnung
- Verschmutzte Küvetten (→ vor jeder Messung reinigen)
- Fehlerhaftes Fotometer (→ Service)
- Fehlerhafte Pipetten (→ eichen, ersetzen)
- → Regelmässig Standardlösungen mitmessen



- Auswertung des Ringversuchs (PCloud):

<https://pcloud.gr.ch/s/4gBQyBrgqofkzqH>



Fremdwasser ist
stetig zufließendes unverschmutztes Wasser,
das der ARA zugeleitet wird

- Grundwasser (defekte Kanalisation)
- Sickerleitungen / Drainagen
- Kühlwasser
- Laufbrunnen
- Quellen / Bäche / eingedolte Bäche
- Reservoirüberläufe



Problematik für den ARA-Betrieb

- Reduktion der Aufenthaltszeiten (hydraulische Überlastung):
Kapazität Regenbecken ist reduziert (häufigere Entlastungen, auch HWE)
Sedimentationszeit in VKB und NKB sinkt, damit
schlechtere Sedimentation von FS (VKB) und ÜSS/RLS im NKB
Behandlungszeit im BB (WB, FB) sinkt
- Abkühlung des Abwassers: Verlangsamung aller biologischen Prozesse
- Erhöhter Energiebedarf: v.a. durch Pumpen
- Erhöhte Gefahr von Schlammabtrieb bei schlechtem Index
- Verschlechterung der Reinigungseffekte
- Verschlechterung der Denitrifikation



Massnahmen zur Reduktion der Fremdwasserquellen

- Ein brauchbarer GEP gibt Auskunft über Fremdwasserquellen, deren Beseitigung und die zeitliche Planung der Massnahmen
- Mengenmessung in ARA und im Netz regelmässig kontrollieren und eichen
- Messung der minimalen Abwassermenge in der Nacht bei TW
grobe Faustregel: ca. 1 l/s pro 1000 E
- Kanalfernsehaufnahmen
- Massenbilanz der ARA-Daten:
Berechnung angeschlossene E+EW aus Zuflussdaten CSB, N_{ges} , P_{ges}
Vergleich E+EG mit tatsächlich angeschlossene E und EW
Berechnung der spezifischen Abwassermenge pro E+EW



Meteorwasser

- ist kein Fremdwasser
- hat im Ereignisfall aber ähnlich negative Auswirkungen auf den ARA-Betrieb
- Schneeschmelze ist auch Meteorwasser, wirkt sich aber ähnlich aus wie Fremdwasser, da Schneeschmelze Tage- bis wochenlang anhalten kann



Abschätzung Fremdwasseranteil (bei Trockenwetter)

- Berechnung der Frachten im Zufluss CSB, N-gesamt, P-gesamt
- Berechnung der Einwohnerwerte EW (spezifische Frachten/EW*d)
 - 120 g CSB/EW*d
 - 10 g N-gesamt/EW*d
 - 1.5 g P-gesamt/EW*d
- Berechnung des spezifischen Abwassermenge pro EW (I/EW*d):
 - 150 I/EW*d striktes Trennsystem
 - 200-300 I/EW*d "akzeptabler" Fremdwasseranteil
 - >300 I/EW*d hoher Fremdwasseranteil



Beispiel

- Gemeinde mit 2700 Einwohner (E)
 300 Einwohnergleichwerten (EGW)
 3000 Einwohnerwerte (EW)
- ARA-Zufluss 1500 m³/d
 250 mg CSB/d
 22 mg N-gesamt/l
 3.0 mg P-gesamt/l



- Frachten 375 kg CSB/d
 33 kg N-gesamt/d
 4.5 kg P-gesamt/d
- EW 3125 EW CSB (120 g/EW*d)
 3300 EW N-gesamt (10 g/EW*d)
 3000 EW P-gesamt/d (1.5 g/EW*d)
 3142 EW Mittel
- spez. Q 477 l/EW*d (Ist)
 300 l/EW*d (normal)
- Fremdwasser 177 l FW/EW*d = 37%



zu beachten

- spez. Frachten pro EW aus Industrie und Gewerbe sind oft anders als natürliche E



Merci für eure Aufmerksamkeit