



Untersuchung des Betriebsverhaltens von Kleinkläranlagen unter besonderen Betriebsbedingungen

-Vergleichende Studie auf dem Testfeld des BDZ in Leipzig-

Projekt COMPAS

M. Barjenbruch, E. Exner

Bedeutung von Kleinkläranlagen

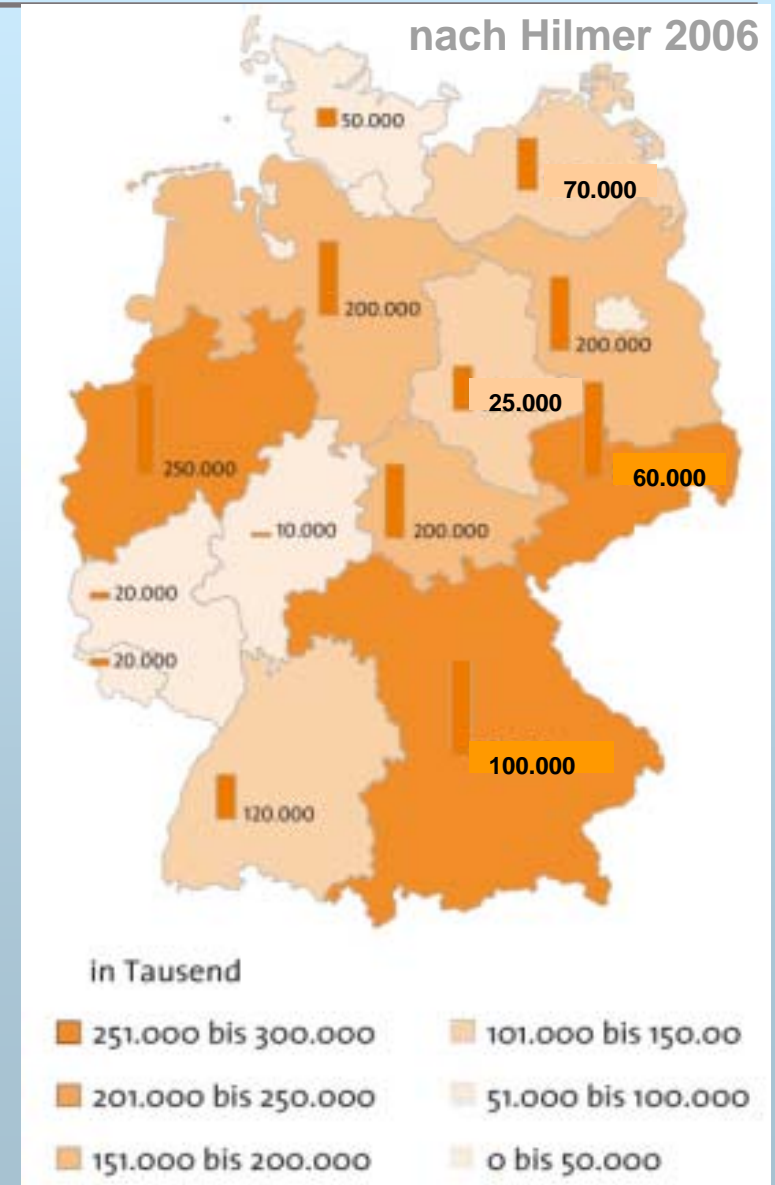
Verbreitung in Deutschland

Definition

Kleinkläranlagen sind nach DIN 4261 Anlagen zur Reinigung von häuslichem Abwasser bis **8 m³/d** bzw. ca. 50 E

Europaweit

→ ca. 20 Mio. Stck.





Einflussgrößen auf die Reinigungsleistung von Kleinkläranlagen

- Abwassermenge und –beschaffenheit, sowie deren Schwankung
- Bemessung, Auslegung, Ausführung und Einbau der Anlage
- Auslastung zum Untersuchungszeitpunkt
- Probenahme (Ort, Stich- oder Mischprobe, Konservierung)
- Betriebsregime und Wartungsumfang sowie Qualität der Anlage
- Herstellerbedingte Unterschiede bei gleichem Kleinkläranlagenverfahren
- Baujahr und Entwicklungsstand des Anlagentyps
- Besondere Modifikation (z.B. Vorklärung, Rückläufe, Schönungsstufen)



Compass

Untersuchung des Betriebsverhaltens von Kleinkläranlagen unter besonderen Betriebsbedingungen

Auftraggeber:

Veolia Eau

Auftragnehmer und Koordination

Kompetenzzentrum Wasser Berlin

Wissenschaftliche Leitung

TU Berlin

Ort:

BDZ Leipzig

Dauer:

1/2008–04/2009

Projektpartner:

Bildungs- und Demonstrationszentrum für dezentrale Abwasserbehandlung (BDZ)

Helmholtzzentrum für Umweltforschung (UFZ)

Umwelt- und Biotechnologisches Zentrum (UBZ)

Kommunale Wasserwerke Leipzig (KWL)

FG Siedlungswasserwirtschaft, TU Berlin

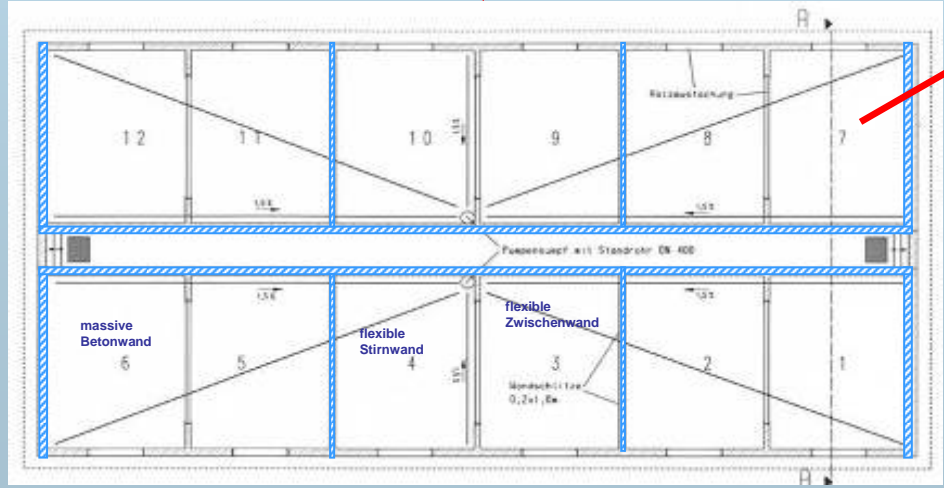
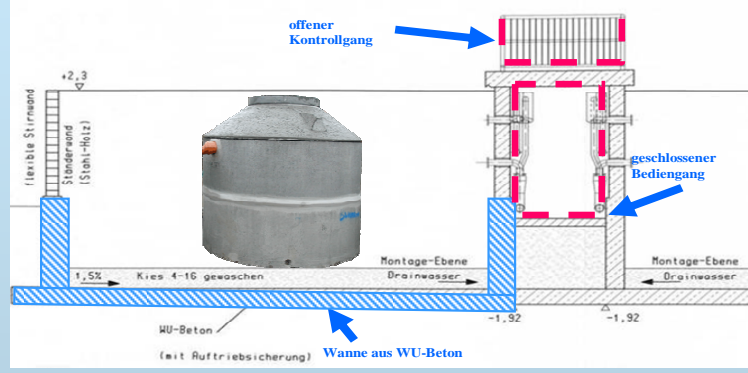
Kompetenzzentrum Wasser Berlin (KWB)

Veolia Eau



- Simulation von wechselnden Betriebsbedingungen eines für Frankreich typischen Haushalts
 - ➔ Saisonale Erhöhung des Abwasseranfalls (Familienbesuche), Urlaubszeiten, Stromausfälle, **besondere hydraulische Belastungen** (Badewanne) etc.
- Technischer Vergleich von 12 Kleinkläranlagensystemen, vorinstalliert auf dem Demonstrationsfeld des BDZ für Weiterbildung und Training
- Versuchsprogramm in enger Anlehnung an die EN 12566-3 (Tagesgang etc.)
- Umfassende Aufzeichnung von Betriebsparametern:
 - ➔ Reinigungsleistung
 - ➔ Betriebs- und Wartungsaufwand
 - ➔ Betriebsstabilität
 - ➔ Energieverbrauch
 - ➔ Hilfsstoffe
 - ➔ Schlammfall
 - ➔

Demonstrationsstandort des BDZ e.V. in Leipzig-Leutzsch



Untersuchungsprogramm

(Januar 2008 – Februar 2009)

Phase	Beschreibung (COMPAS)	Dauer COMPAS (Wochen)	Beschreibung (EN 12566-3)	Dauer EN 12566-3 (Wochen)
1	Inokulation: 100 % hydraulischer Belastung und Fracht	7	Inokulation	X ^a
2	Einstellung eines stabilen Gleichgewichts: 100 % hydraulischer Belastung und Fracht	4	Normaler Betrieb	6
3	Normaler Betrieb: 100 % hydraulischer Belastung und Fracht (8 + 13 Wochen Verlängerung wegen Ölhavarie)	21	Betrieb mit nur 50 % Belastung	2
4	Betrieb mit 100% Belastung, außer für jeweils 3 Tage am Wochenende, dann 200 %	4	Normaler Betrieb - Stromausfall	6
5	Betrieb mit 200% Belastung	3	Keine Belastung	2
6	Keine Belastung	3	Normaler Betrieb	6
7	Normaler Betrieb, außer für jeweils 3 Tage am Wochenende, dann 200 %	2	Betrieb mit 125 - 150% Belastung (48 h zu Beginn der Phase)	2
8	Normaler Betrieb	4	Normaler Betrieb - Stromausfall	6
9	Betrieb mit nur 50 % Belastung	4	Betrieb mit nur 50 % Belastung	2
10	Normaler Betrieb mit 2 simulierten Stromausfällen von 24 Stunden und einem 2-tägigen Stromausfall in Abstand von 48 Stunden (24 Stunden)	4	Normaler Betrieb	6

a) wird vom Hersteller angegeben

- Chemisch/physikalisch:

- BSB₅, CSB

- AFS,

- total P,

- total N,

- NH₄-N,

- NO₃-N,

- pH, Redox, Leitfähigkeit

- Mikrobiologie: begrenzte Meßkampagne mit insgesamt 3 Proben:

- Wurmeier, Salmonellen, Enterokokken, E. Coli, gesamtcoliforme Bakterien

Probenahmeregime

Zulauf: Probennahme ereignisgesteuert

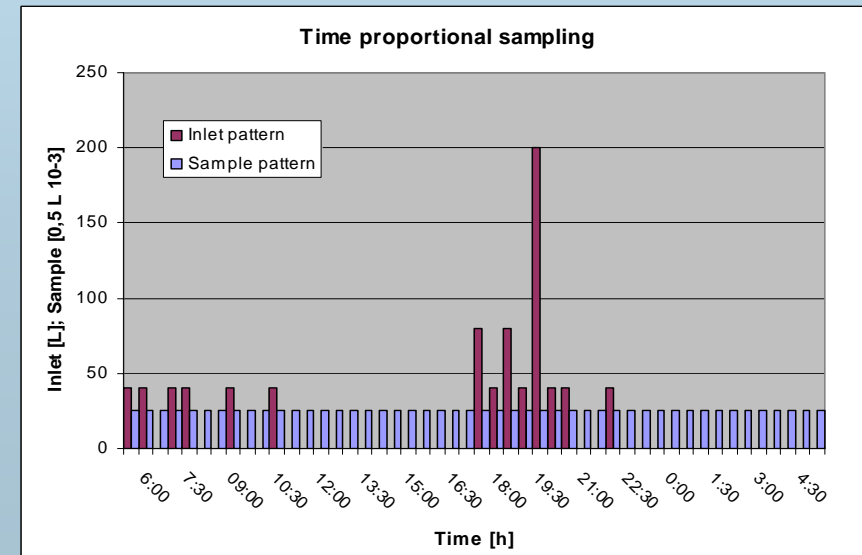
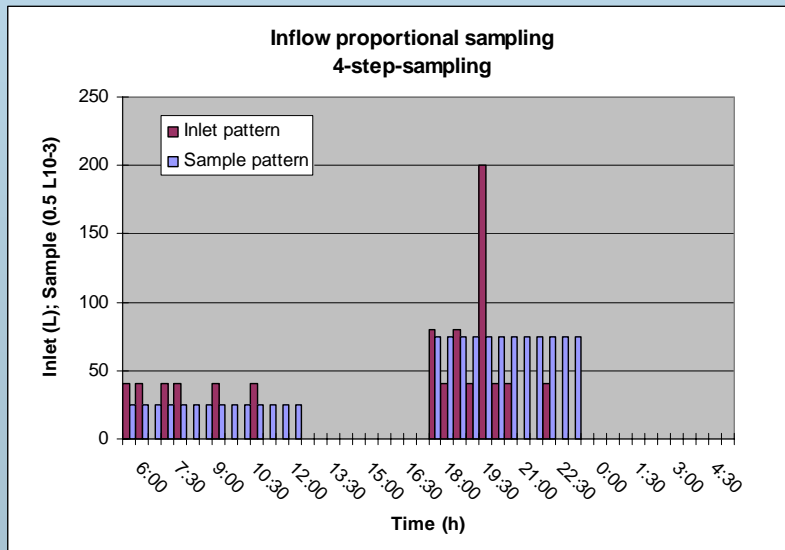
Abläufe: Keine Probenahme in Phasen ohne Zulauf

– **Systeme mit kontinuierlichem Ablauf:**
mengenproportional

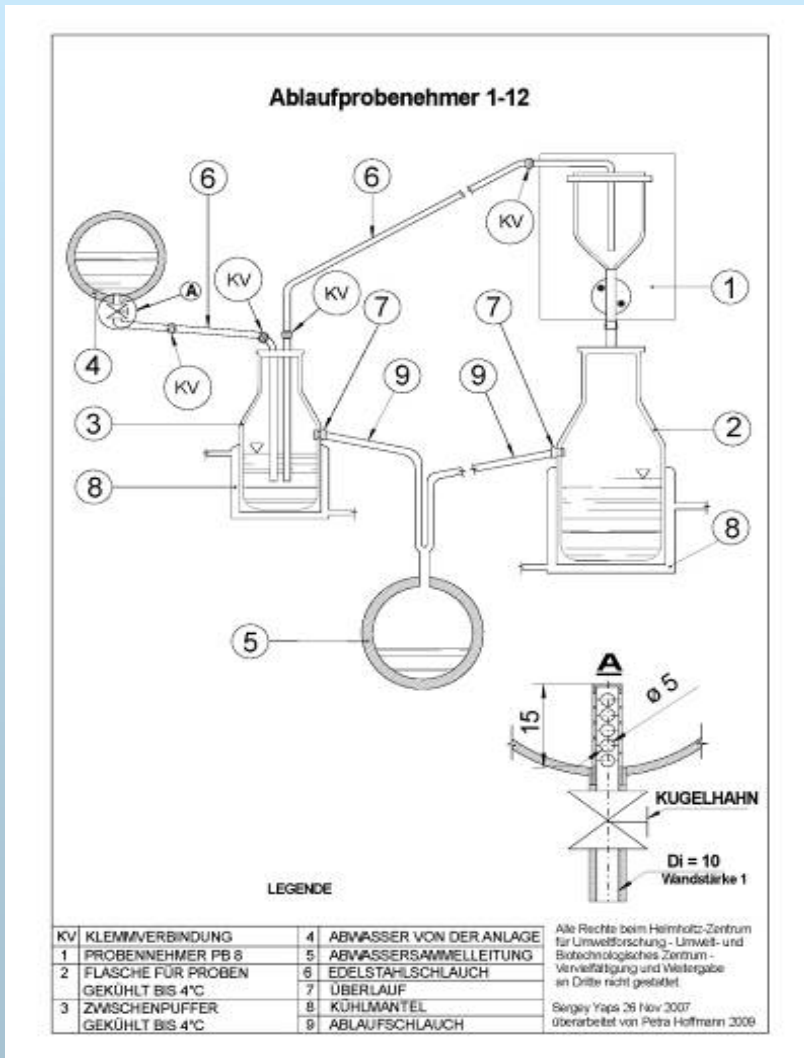
- 6:30 to 13:00: 14 Proben (14x50 ml),
- 18:00 to 0:00: 100 ml

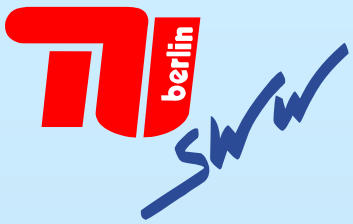
– **Systeme mit diskontinuierlichem Ablauf (z.B. SBR-Systeme):**
zeitproportional

- 50 ml alle 30 min.



Automatisches Probenahmesystem für jede Anlage





Zulaufbeschaffenheit

Parameter [mg / l]	BSB ₅	CSB	TS _o	N	P
EN 12566-3 (2003)	150 - 500	300 – 1.000	200 - 700	22 - 80	5 - 20
Rohabwasser (DWA-Standard) ¹⁾	400	800	466	73	12
BDZ Leipzig Mittelwert	203	454	262	47	7
BDZ Leipzig Maximum	276	730	570	72	10,2
BDZ Leipzig Minimum	78	180	140	20	2,9
DWA LV Sachsen-Thüringen (2007)	292	611	n. b.	55	8,9
DWA LV Deutschland (2007)	283	513	n. b.	47	7,6
Frankreich Nantes	313	679	313	75	n. b.
DWA Landesverband Bayern	306	560	n. b.	58	9,8
Testfeld Altentrep tow	554	815	623	64 ²⁾	7,5
Prüffeld Weimar	275	615	330	62 ²⁾	10,7

¹⁾ mit 150 L/(E·d)

²⁾ nur NH₄-N

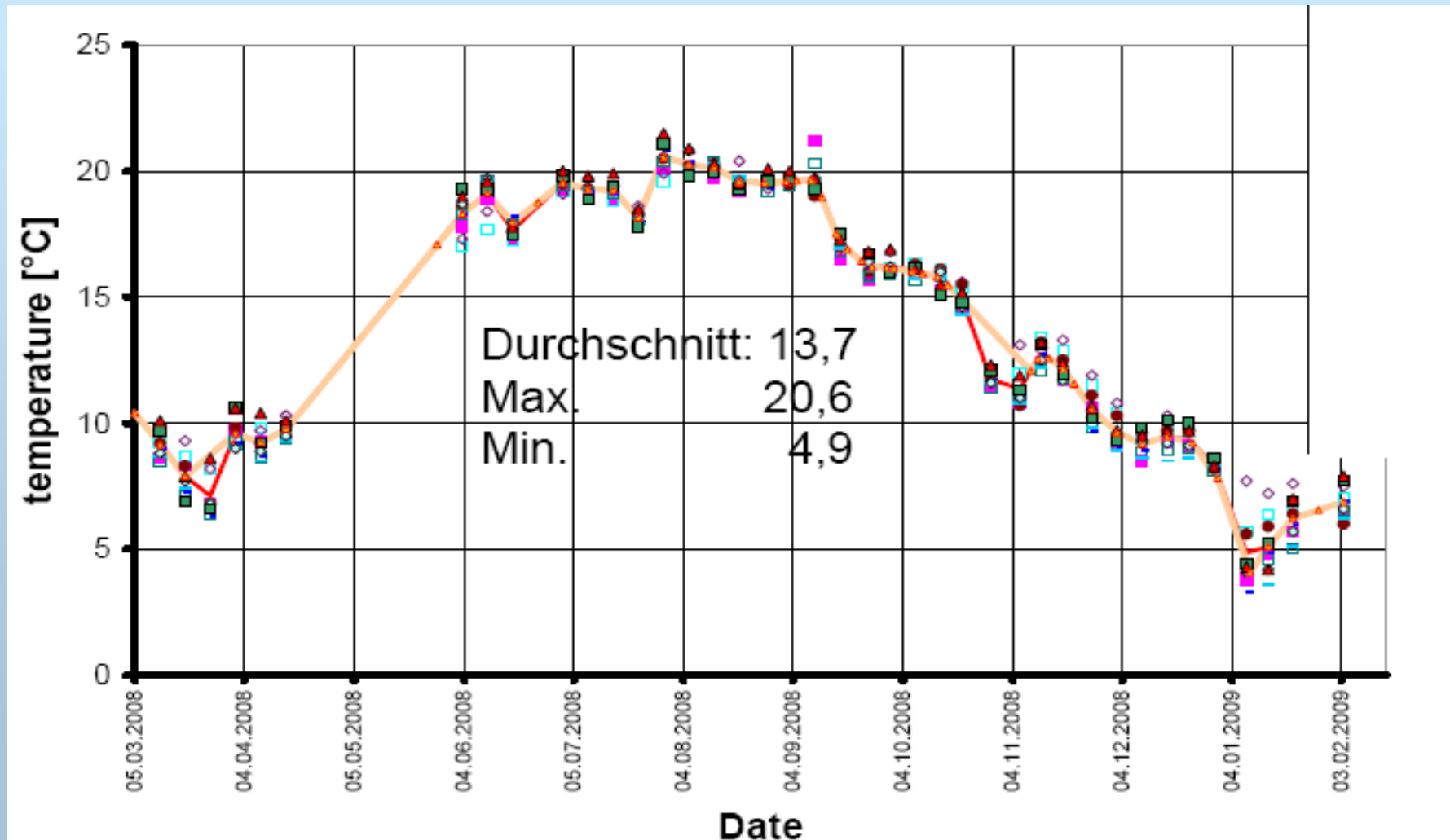
Kennwerte:

CSB/BSB: 2,2 üblich 2

CSB/N: 10 üblich 11

CSB/AFS: 1,8 üblich 1,7

Abwassertemperatur (gemessen in den Reaktoren)



Belastung der Anlagen

Hydraulische Belastung

- Nominal-Beschickung ➔ 150 l/(E·d)
 - Anlagen mit 4 E: 600 l/d
 - Anlagen mit 6 E: 900 l/d
 - Anlagen mit 9 E: 1.350 l/d

- Beschickung ab 23.7.2008 ➔ 225 l/(E·d)
 - Anlagen mit 4 E: 900 l/d
 - Anlagen mit 6 E: 1.350 l/d
 - Anlagen mit 9 E: 2.250 l/d

- Tagesganglinie
gemäß EN 12566-3
 - ➔ **Badewanne 200 l:**
 - ➔ 5 Tage/Woche (Fr-Di)
 - ➔ ca. 20.00 Uhr

Uhrzeit	Tagesabschnitt	Prozent der täglichen Beschickung
6 - 9	3 Stunden	30 %
9 - 12	3 Stunden	15 %
12 - 18	6 Stunden	0
18 - 20	2 Stunden	40 %
20 - 23	3 Stunden	15 %
23 - 6	7 Stunden	0

Belastung der Anlagen

organische Belastung: Durchschnitt über Gesamtzeitraum

- auf Basis BSB₅ mit 60 g / (E·d)
- Anlagen mit 4 E
 - ➔ Mittelwert: 3,4 E_{BSB5}
 - ➔ Auslastung: 86 %
- Anlagen mit 6 E
 - ➔ Mittelwert: 4,9 E_{BSB5}
 - ➔ Auslastung: 81 %
- Anlagen mit 9 E
 - ➔ Mittelwert: 7,0 E_{BSB5}
 - ➔ Auslastung: 77 %

Übersicht aller untersuchten Anlagen und Verfahrenstypen

Nr.	Verfahren	Biologie
1	Kombiniertes Tauchkörper/-Beleungsverfahren	Sessile und suspendierte Biomasse
2	belüftetes Wirbelbett	Sessile Biomasse
3	Scheibentauchkörper	Sessile Biomasse
4	Tropfkörper	Sessile Biomasse
5	Rieselfilter (Textil)	Sessile Biomasse
6	getauchtes Festbett	Sessile Biomasse
7	Bodenkörperfilter	Biofilter
8	Pflanzenkläranlage	Biofilter
9	Filter mit Kokosmaterial	Biofilter
10	Membranbioreaktor	Suspendierte Biomasse
11	SBR I mit Steuerung	Suspendierte Biomasse
12	SBR II	Suspendierte Biomasse

Verfahren

Sessile Biomasse

Textilfaser-Filter



Scheibentauchkörper



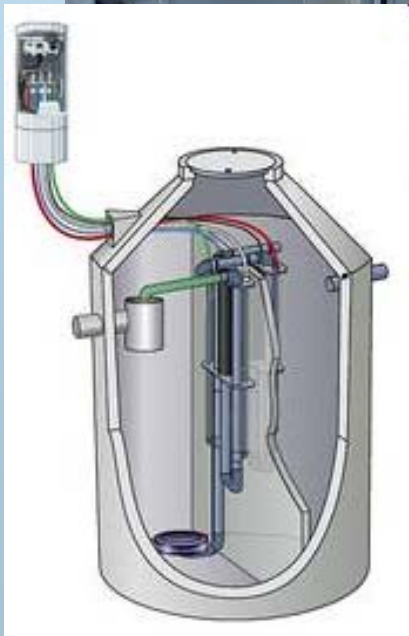
Getauchtes Festbett

Tropfkörper



Belüftetes
Wirbelbett

Membranverfahren



Kombiniertes Tauchkörper-/
Belebungsverfahren



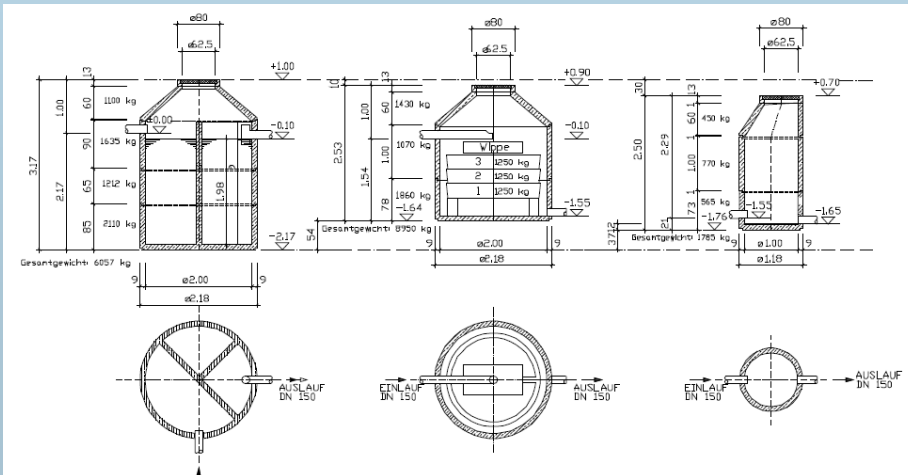
SBR-Verfahren



Pflanzenkläranlage



Filter mit Kokosmaterial

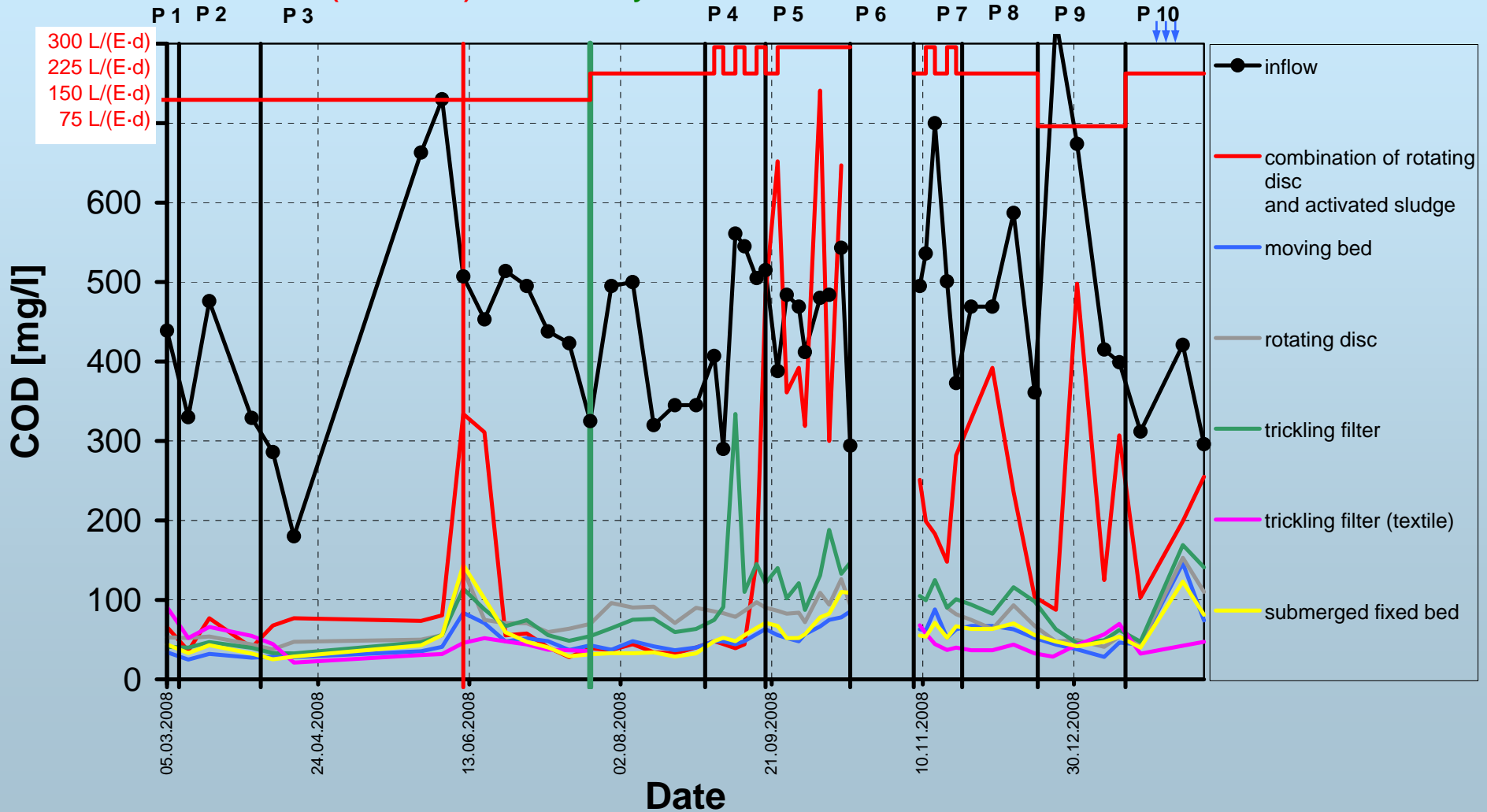


Bodenkörperfilter

CSB – Chemischer Sauerstoffbedarf

Anlagen 1 - 6

oil accident (11.06.2008) Increase of hydraulic load simulated electric breakdowns

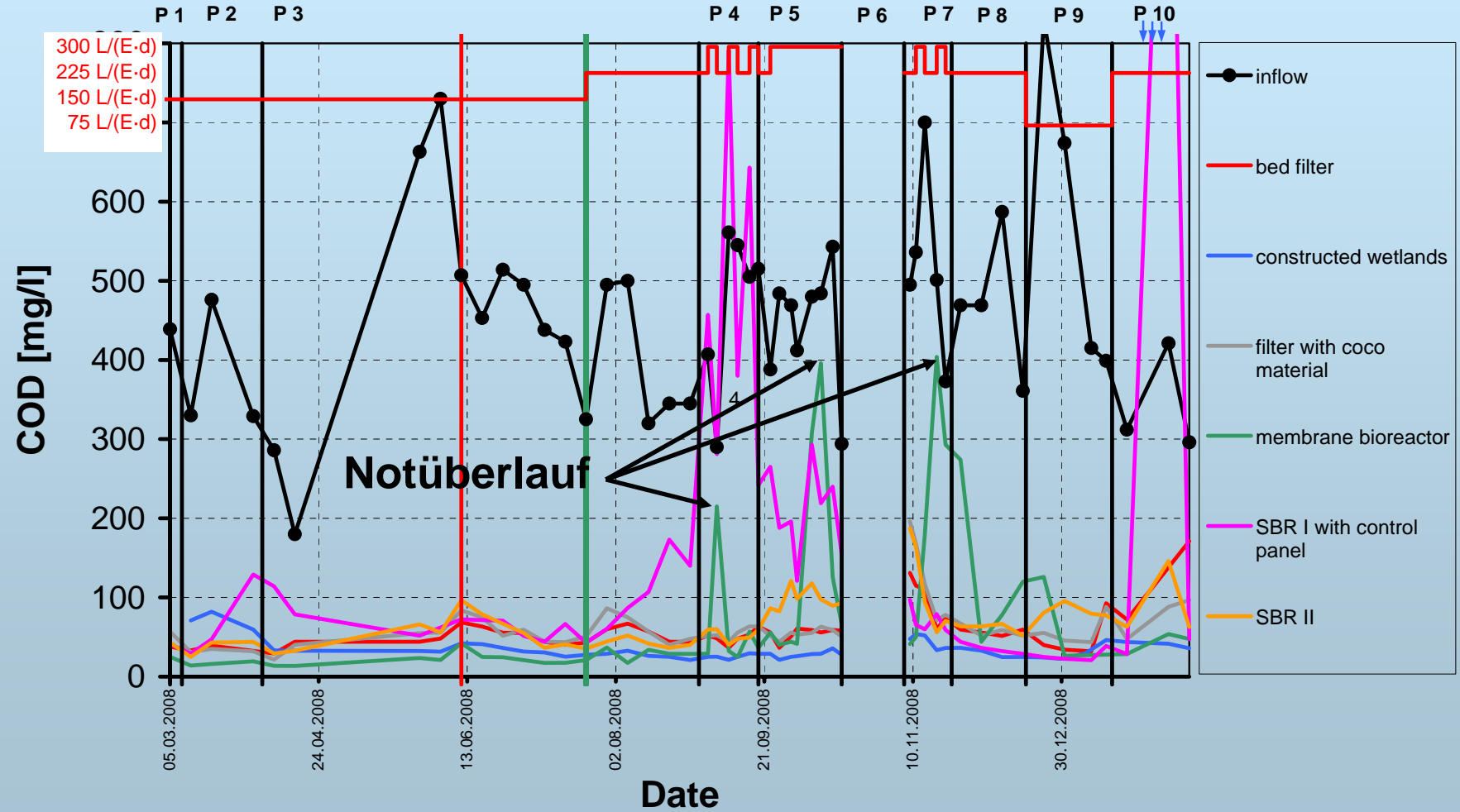




CSB – Chemischer Sauerstoffbedarf

Anlagen 7 - 12

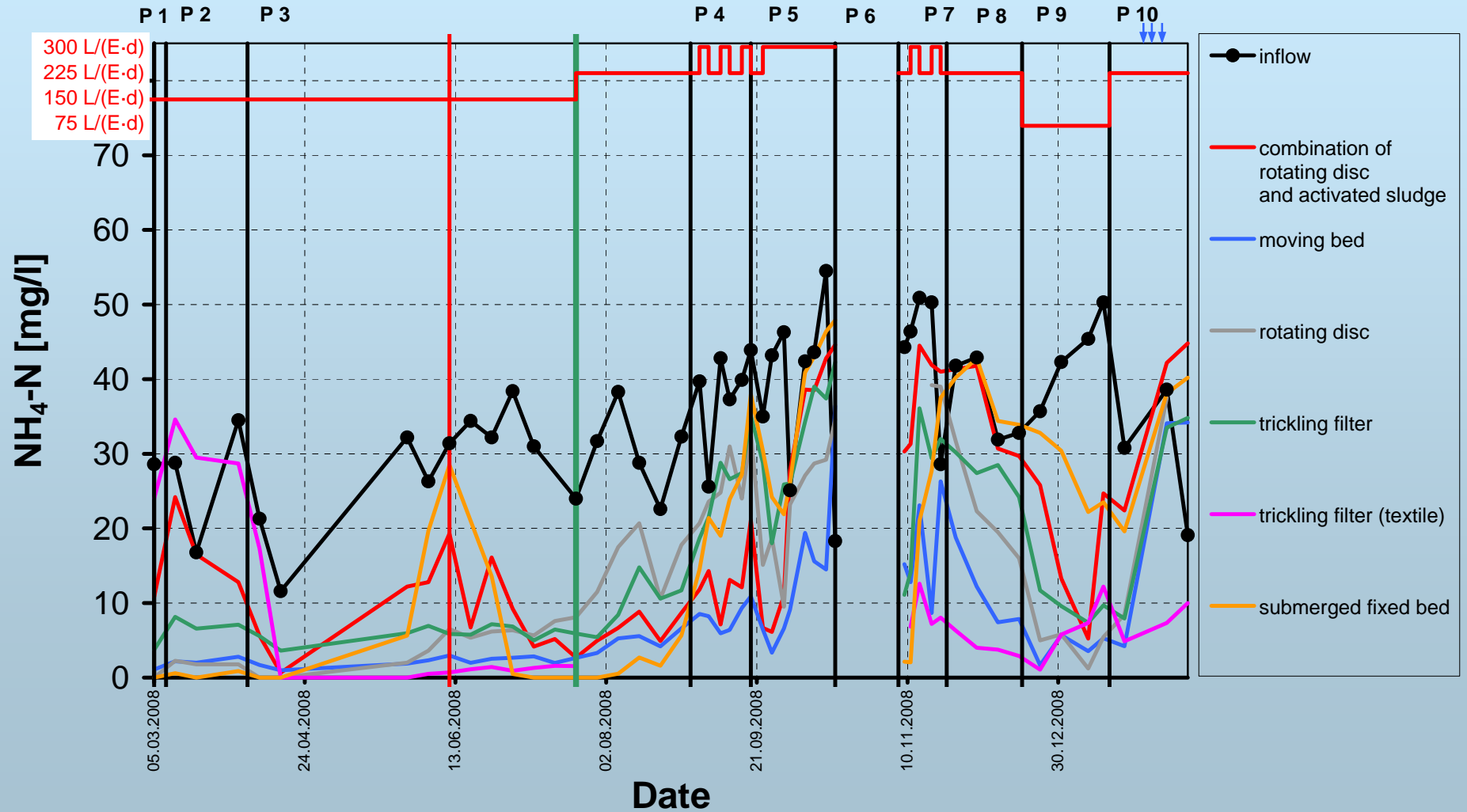
oil accident (11.06.2008) Increase of hydraulic load simulated electric breakdowns

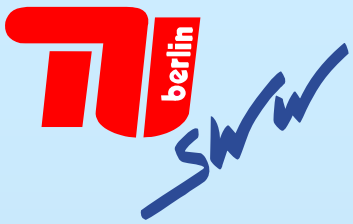


NH₄-N - Ammonium

Anlagen 1 - 6

oil accident (11.06.2008) Increase of hydraulic load simulated electric breakdowns

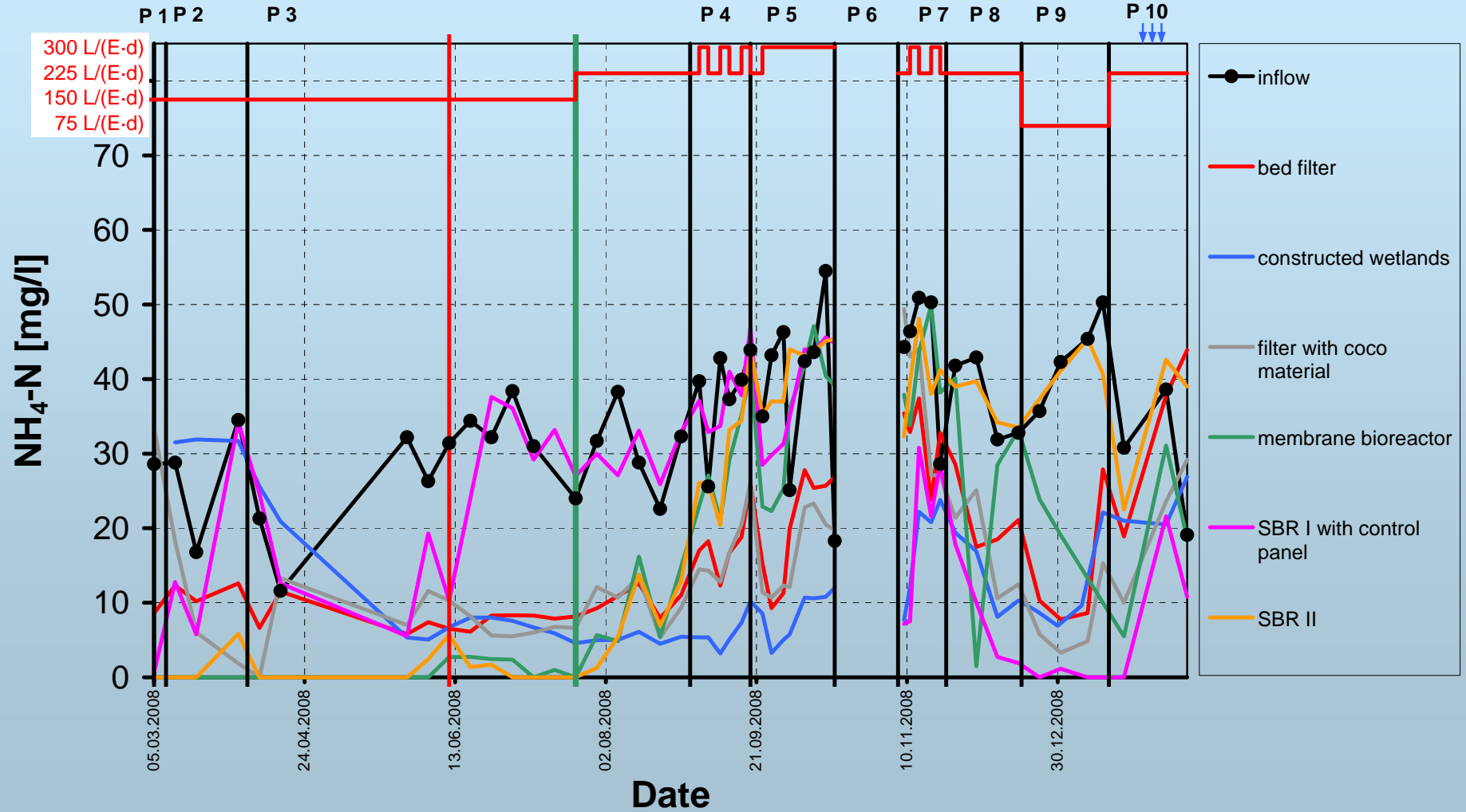




NH₄-N - Ammonium

Anlagen 7 - 12

oil accident (11.06.2008) Increase of hydraulic load simulated electric breakdowns



Zusammenstellung der Ergebnisse

Anlagen	mittlere Ablaufwerte									
	Normal-Belastung (16°C Sommer)		200% hydraulische Belastung		50% hydraulische Belastung		Stromausfall		Normal-Belastung (10°C Winter)	
	CSB	AFS	CSB	AFS	CSB	AFS	CSB	AFS	CSB	AFS
	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
mittlere Zulaufwerte	429	264	447	247	580	390	343	190	472	270
Grenzwerte	150¹⁾	35²⁾	150¹⁾	35²⁾	150¹⁾	35²⁾	150¹⁾	35²⁾	150¹⁾	35²⁾
Kombiniertes Tauchkörper-/Belebungsverfahren	79	35	475	322	254	179	186	96	244	78
SBR-Verfahren 1 ^{**) ***)}	79	36	204	97	27	5	475	373	35	8
SBR-Verfahren 2	48	10	103	35	83	35	91	24	61	14
Membranbelebung	23	2	164	59	76	29	43	9	129	54
belüftetes Wirbelbett	42	10	68	23	39	8	88	31	62	21
getauchtes Festbett	42	8	81	20	48	8	81	23	63	11
Scheibentauchkörper	70	17	96	35	48	8	102	33	75	22
Tropfkörper	60	13	135	46	55	11	119	31	98	28
Rieselfilter (Textil) ^{*) **)}	44	8	-	-	49	11	41	7	38	5
Bodenkörperfilter	48	9	57	9	50	13	127	39	57	13
Filter mit Kokosmaterial	52	11	56	9	58	16	77	20	57	13
Pflanzenkläranlage+UV	37	6	29	3	31	5	40	4	30	4

*) konnte verfahrensbedingt nicht während der Hochleistungsphase geprüft werden

**) wurde gegen Ende der 200%-Phase auf 4 E umgestellt

***) Anlage war auf die Spitzenwasseremenge nicht ausgelegt

1) Deutscher Grenzwert gem. Abw V

2) Französischer Grenzwert gem. "arrêté du 22/6/2007"

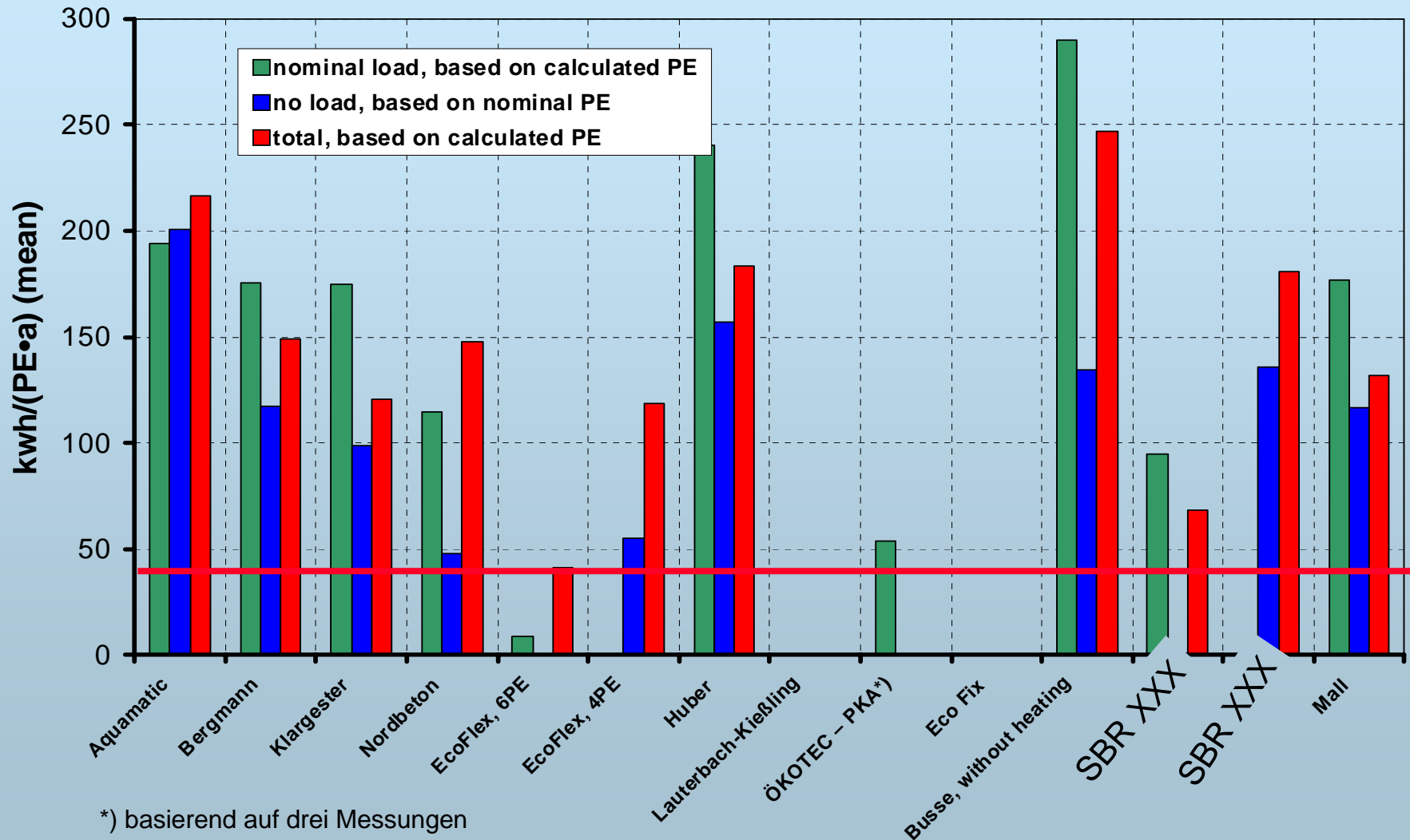
3) Deutscher Grenzwert gem. DIBt Klasse N

Energieauswertung

Stromverbrauch

Große Kläranlagen: 25 kWh/(E·a)

Energieverbrauch der einzelnen Anlagen (Mittelwerte)



- Untersuchung des Betriebsverhaltens von 12 Kleinkläranlagen im 15monatigen Dauerbetrieb unter wechselnden Belastungen
- Simulation von Belastungssituationen, charakteristisch für typische Haushalte in Frankreich
- Versuchsprogramm und Bedingungen äquivalent zu einer parallel laufenden Studie in Frankreich (CSTB, Nantes)
- Kurzbewertung
 - ➔ Fast alle Anlagen haben im Mittel die in Deutschland und Frankreich geltenden Überwachungswerte unterschritten
 - ➔ Nicht alle Anlagen erreichten einen stabilen Dauerbetrieb
 - ➔ Einige Systeme mit suspendierter Biomasse reagierten empfindlich auf erhöhte hydraulische Belastung

- Untersuchungen unter besonderen „Deutschen“ Bedingungen:
 - ➔ Extreme Unterlast (z.B. Verhalten bei Belastung mit nur einem Einwohnerwert).
 - ➔ Untersuchungen des Verhaltens verschiedener Kleinkläranlagen nach falscher Anwendung oder Überdosierung von Haushaltsreinigern (z.B. Essigreiniger, Geschirrspülreiniger, Waschpulver, Oxidationsmittel, Desinfektionsmittel, Tensiden).
 - ➔ Untersuchungen des Verhaltens verschiedener Kleinkläranlagen bei Medikamentenüberlastung.
 - ➔ Ferienwohnungsbetrieb (Lastwechsel, Sommer- Winterhalbjahr, längere Phasen ohne Belastung).
 - ➔ Untersuchungen zum Schlammanfall und Feststoffrückhalt in der Vorbehandlung in Abhängigkeit vom Vorklärvolumen