



## Beispiele zur Optimierung der Phosphorfällung

Informationsveranstaltung des HMUKLV zur Umsetzung des WRRL-Maßnahmenprogramms  
2015 - 2021; Weitergehende Phosphorelimination an hessischen Kläranlagen  
13. Juli 2016 / Julius-Liebig-Universität Gießen

Dr. Martin Michel,  
Bilfinger Water Technologies

# Inhaltsverzeichnis

- **Einführung / Grundlagen**
  - Grundlagen der biologischen Phosphorelimination
  - Nachteile der biologischen Phosphorelimination
  - Grundlagen der chemischen Phosphorelimination
  - Nachteile der chemischen Phosphorelimination
  - Grundlagen der physikalischen Phosphorelimination (Nachklärung)
  - Optimierung der physikalischen Phosphorelimination (Nachklärung)
- **Optimierung der Kläranlage Idstein-Beuerbach**
  - Maßnahmen und Ergebnisse der Optimierung
- **Planung für Optimierung der Phosphoreliminierung der Kläranlage Lollar**
  - Testreihen und Maßnahmen zur Optimierung
- **Vorstudie zur Optimierung der Kläranlage Breuberg-Hainstadt**
  - Phosphorfällung mit einer provisorischen Zweipunkt-Fällung

# Grundlagen der biologischen Phosphorelimination

## **Einleitung aktuell:**

ca. 1,8 g P / (EW\*d) oder ca. 8 – 18 mg/l

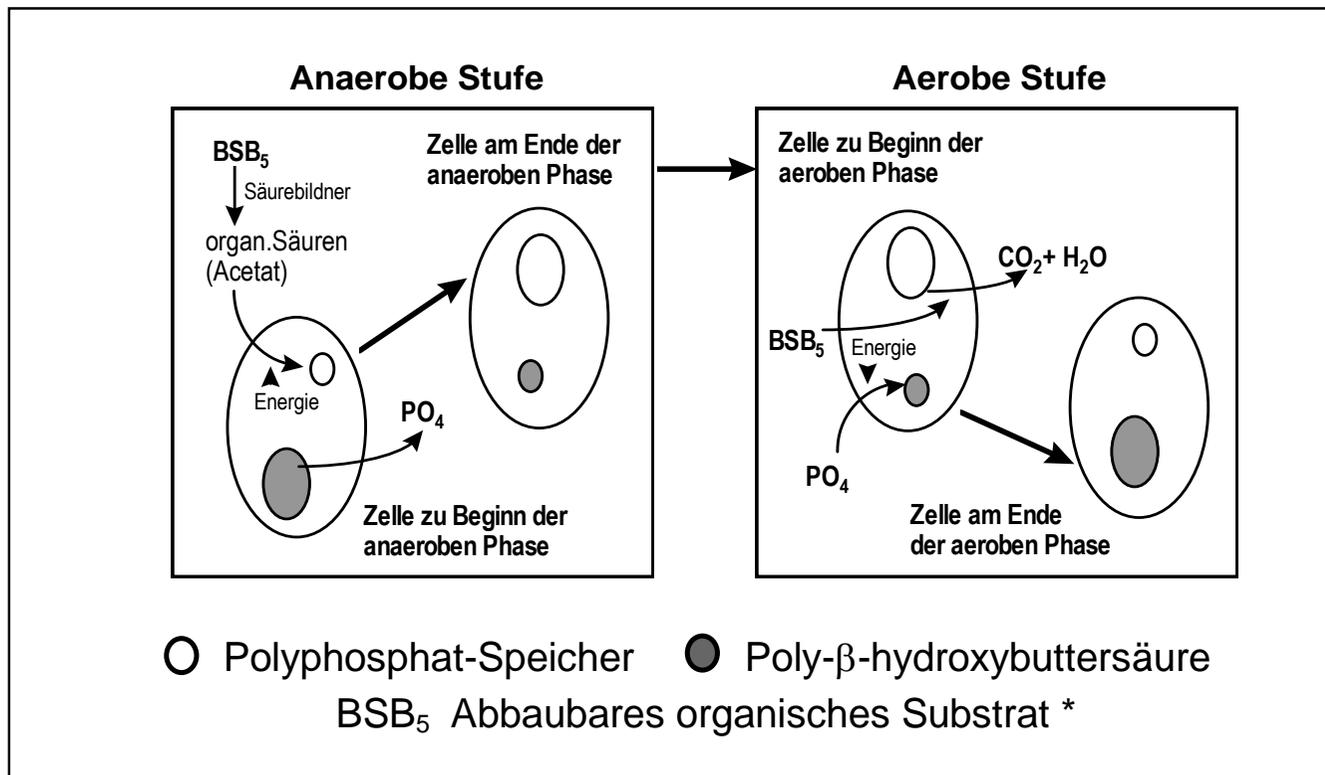
Phosphorbindung im belebten Schlamm zum Zellaufbau  
ca. 1 % vom BSB<sub>5</sub>-Zulauf

## Beispiel:

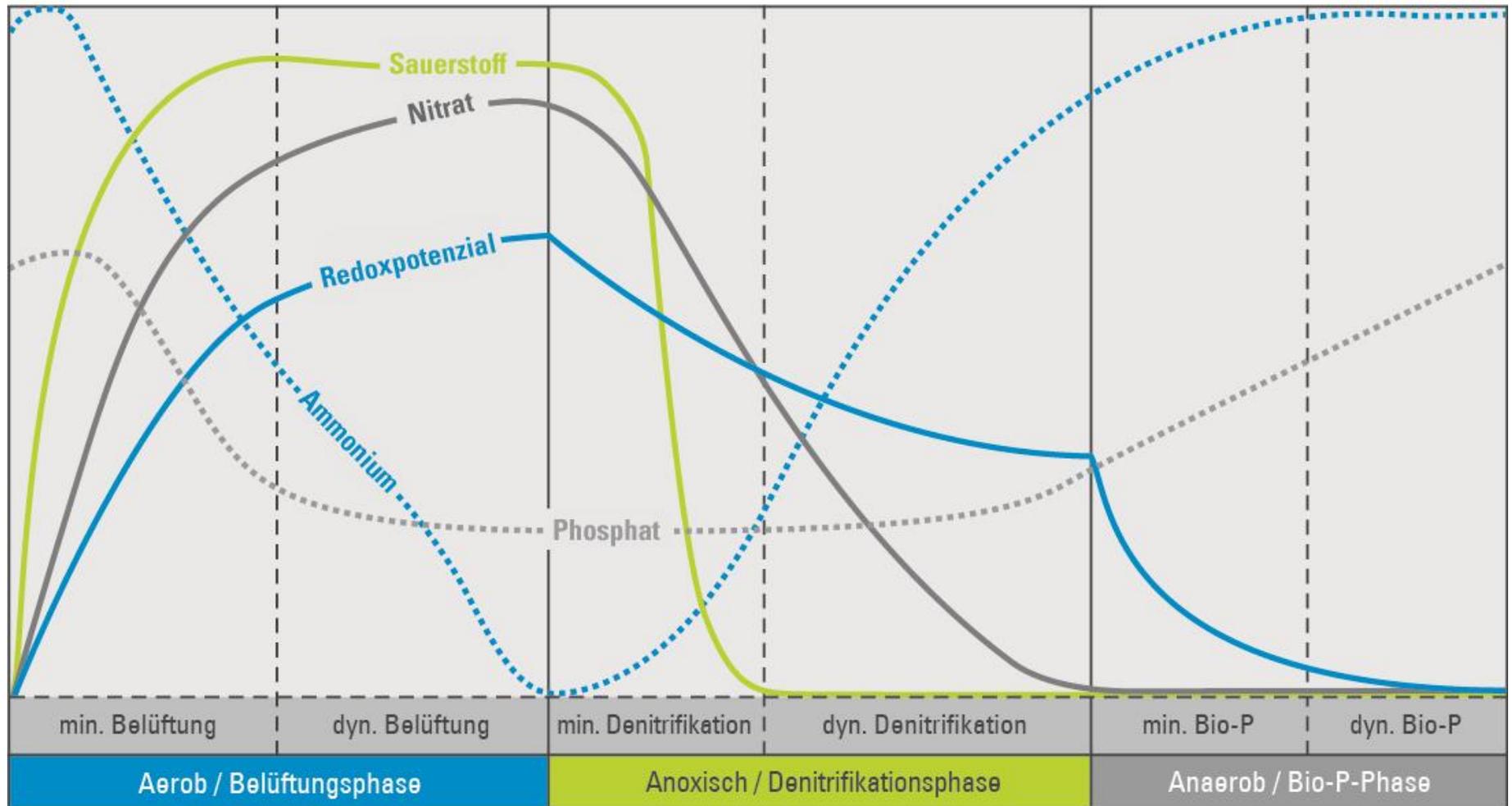
bei 420 mg/l BSB<sub>5</sub> im Zulauf werden durch den Zellaufbau  
ca. 4,2 mg/l Phosphat eliminiert

# Grundlagen der biologischen Phosphorelimination

*Vereinfachte Darstellung der biologischen Phosphatelimination*

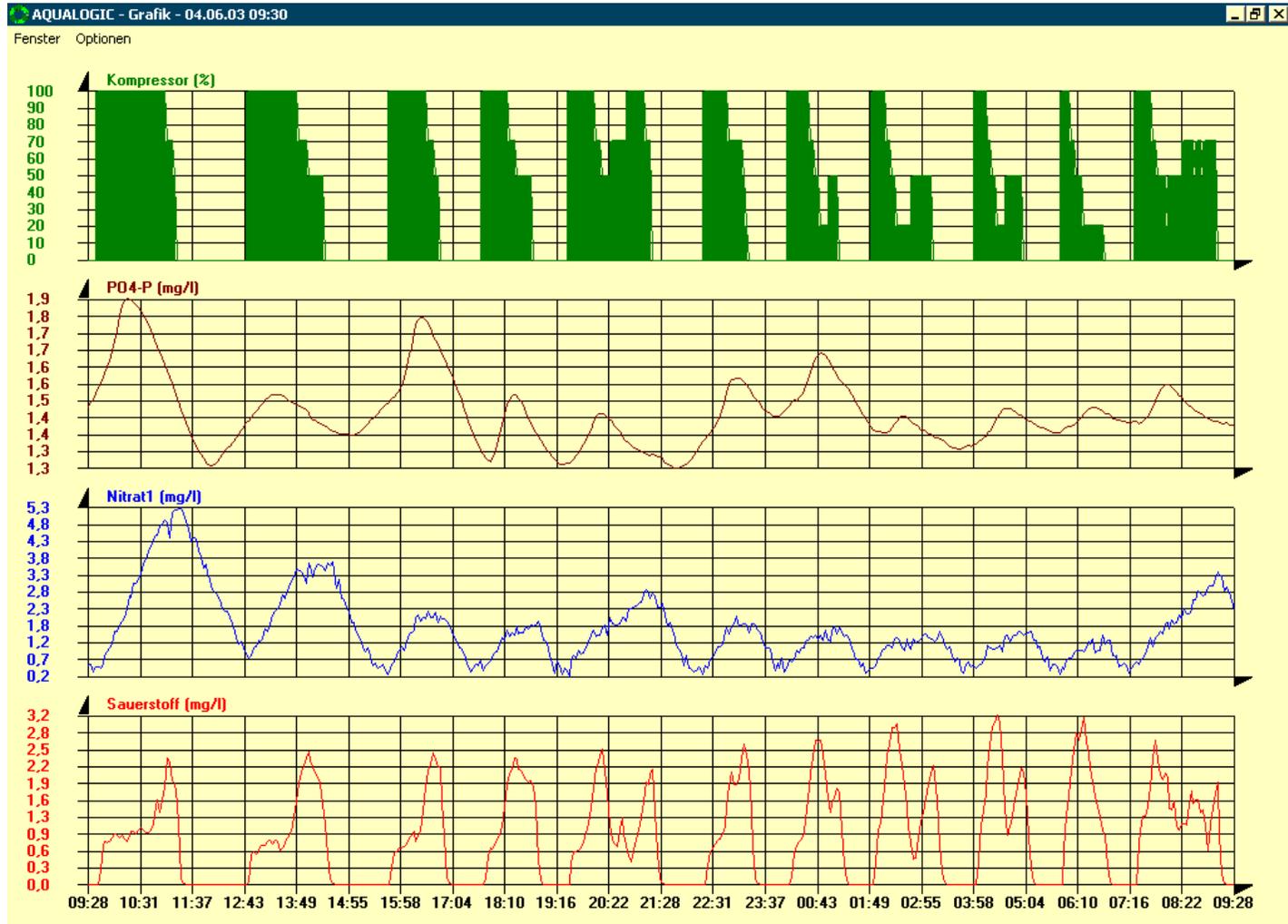


# Grundlagen der biologischen Phosphorelimination



# Grundlagen der biologischen Phosphorelimination

## Phosphatrücklösung im Belebungsbecken bei intermittierendem Betrieb



# Nachteile der biologischen Phosphorelimination

- Unkontrollierte Bildung von Magnesium-Ammonium-Phosphat, MAP-Kristallisationen / Ablagerungen (Struvit)
- Es kann eine Verschlechterung der Schlammentwässerungseigenschaften eintreten (geringere Endrockensubstanz und / oder erhöhter Flockungsmittelbedarf, 2 - 4 % weniger Trockensubstanz)
- hohe Phosphat-Rückbelastung aus der Entwässerung



# Grundlagen der chemischen Phosphorelimination

## **Einleitung aktuell:**

ca. 1,8 g P / (EW\*d) oder ca. 8 – 18 mg/l

## **Verfahren der P-Elimination:**

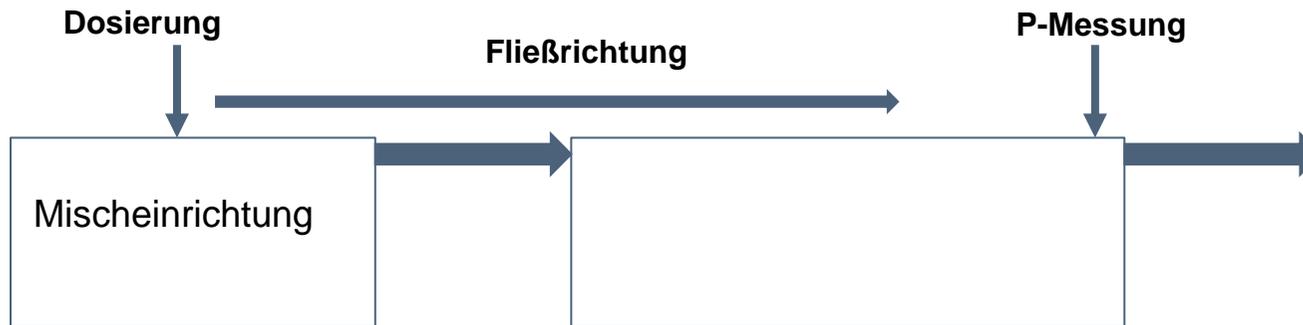
- Vorfällung
- Simultanfällung
- Nachfällung
- Flockungsfiltration
- Kombination der Verfahren

## MSR-Strategien

- Konstante Dosierung
- Steuerung (z. B. nach Tagesgang über Zulauf)
- Steuerung nach Grenzwerten (z. B. Zulauf oder Phosphat)
- Regelung nach Messwert (Phosphat)
- Regelung nach Fracht (in Verbindung mit der Zulaufmenge) mit und ohne Phosphatmesswert

# Grundlagen der chemischen Phosphorelimination

## Grundsätzliche Mechanismen der Fällung (Regelstrecke)



Mikroeinmischung durch  
Mischeinrichtung oder  
turbulente Stelle  
*Prozesszeit 1-2 Sekunden*

Makroeinmischung  
z. B. im Belebungsbecken  
*Prozesszeit 20-30 Minuten*

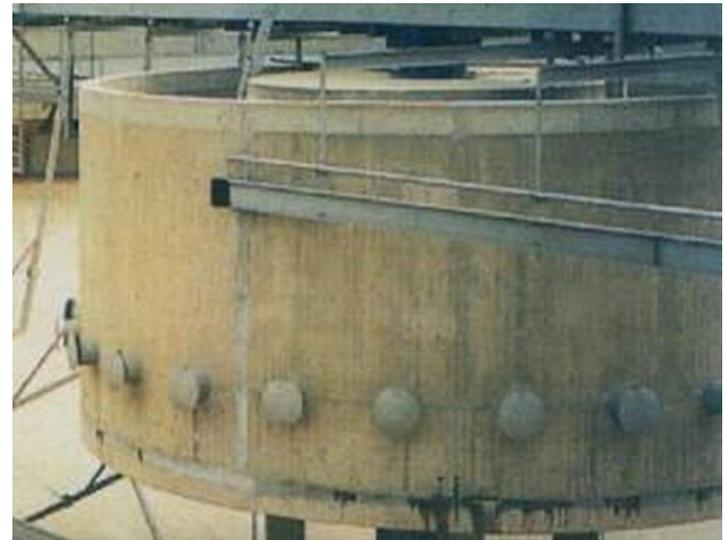
Durch die Einbindung der Zulaufmenge in die Regelstrategie kann die Regelung über die Fracht erfolgen und es kann auf besondere hydraulische Ereignisse reagiert werden!

# Nachteile der chemischen Phosphorelimination

- Erhöhung der Überschussschlammmenge
- Einfluss auf den pH-Wert
- Einfluss auf die Säurekapazität
- Verschlechterung der Schlammeigenschaften (kleinere Belebtschlammflocken)
- Schlammabtrieb
- Störung der Nitrifikation

# Grundlagen der physikalischen Phosphorelimination (Nachklärung)

- In der Regel werden durch die Rückhaltefunktion der Nachklärung ca. 5-10 mg/l abfiltrierbare Stoffe erreicht
- Bei starken hydraulischen Ereignissen kann es vorkommen, dass bei den abfiltrierbaren Stoffen ein Wert von bis zu 50 mg/l erreicht wird
- Bei einem Grenzwert von  $P_{\text{ges}} = 2 \text{ mg/l}$  hatte ein Anstieg der abfiltrierbaren Stoffe im Ablauf bisher nur wenig Auswirkung auf die Einhaltung der Grenzwerte (kann bis zu 0,4 mg/l P-Gesamt bedeuten)



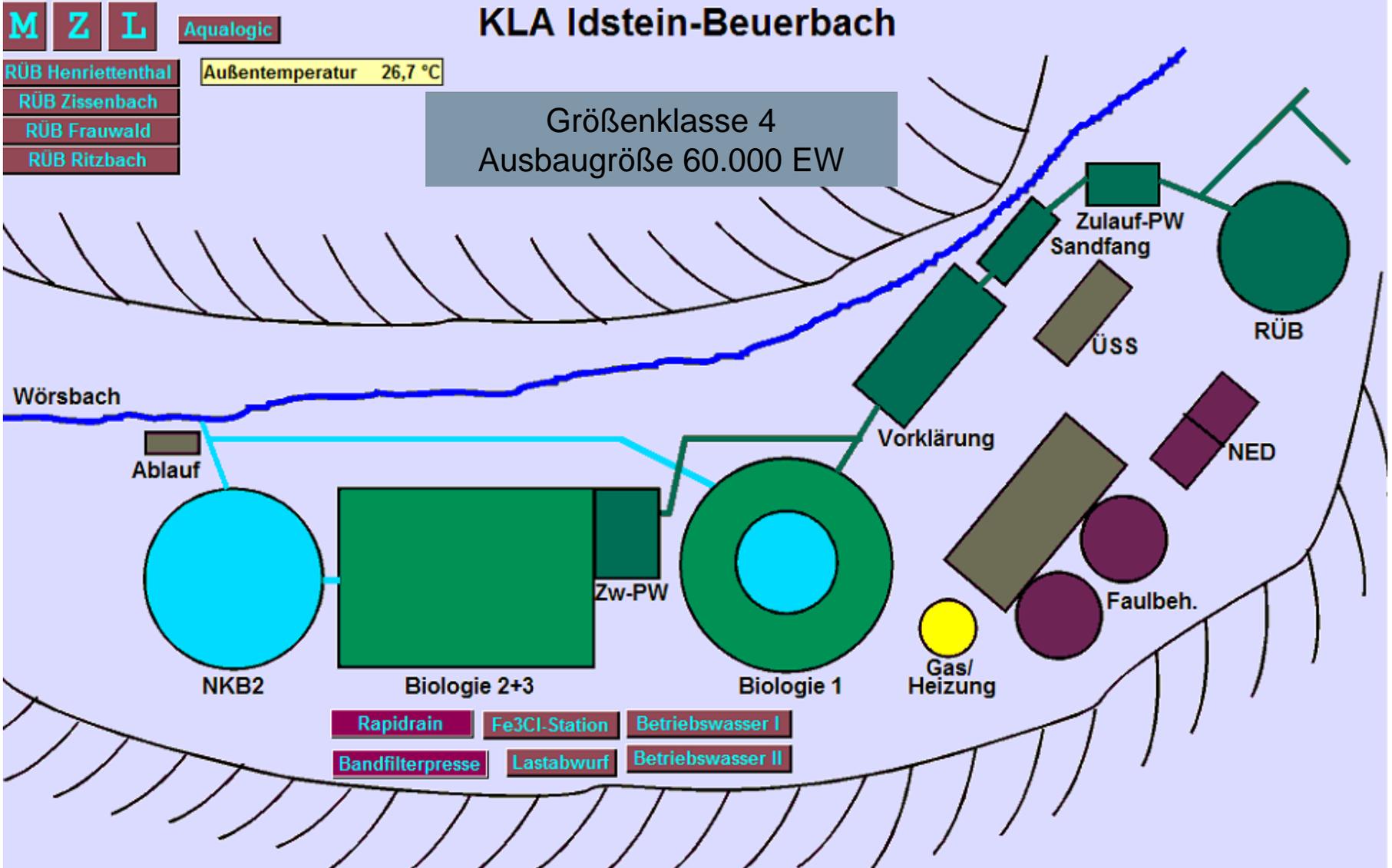
# Optimierung der physikalischen Phosphorelimination (Nachklärung)

## Strategien zur Optimierung der Nachklärung

- Verbesserung der Konstruktion des Nachklärbecken-Einlaufs
- Höhenvariable Einlaufbauwerke
- Dosierung von Polymeren



# Optimierung der Kläranlage Idstein-Beuerbach



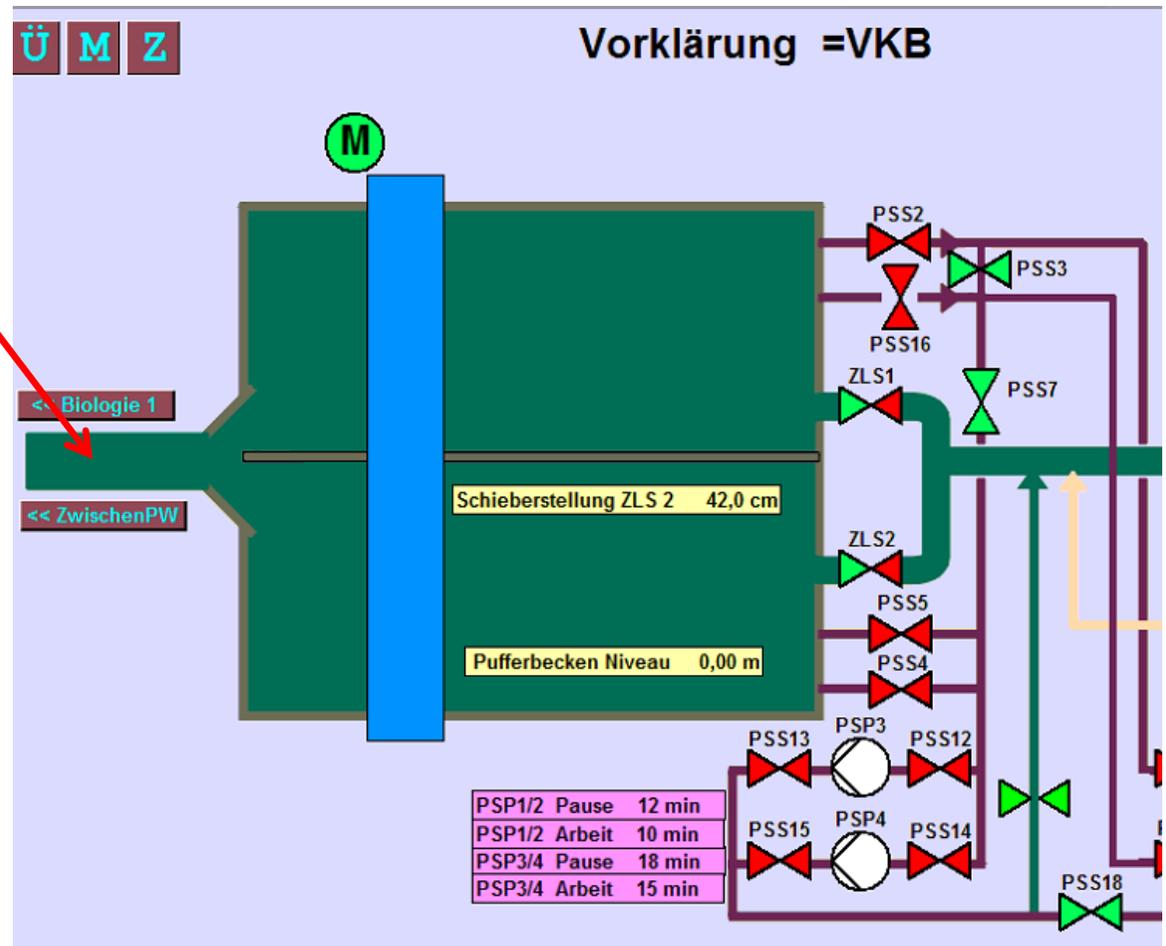
## Maßnahmen

- Installation einer Orthophosphatmessung in der Belebung 2
- Einbau eines TSM-Moduls<sup>®</sup> zur optimalen Eindosierung des Fällmittels im Zulauf der Belebungsbecken
- Ammonium- / Nitratmessung für die Belebung 1
- TS-Messung in den Belebungsbecken BB1, BB2 und BB3
- TS-Messung in den Rücklaufschlammern BB1 und BB2/3
- Anpassungen der vorhandenen Regelung und des Leitsystems
- Umbau der Fällmitteldosierstation inkl. der nötigen elektrotechnischen Anpassungen
- Regelung der Fällmitteldosierung in Abhängigkeit der Fracht und der Zulaufmenge für die Belebung
- Regelung der Fällmitteldosierung in Abhängigkeit der Fracht und der Zulaufmenge für die Vorfällung
- Schlammalterregelung in Abhängigkeit der Temperatur und der Trockensubstanz im System
- Gesamtkosten ca. 300.000 EUR

# Optimierung der Kläranlage Idstein-Beuerbach

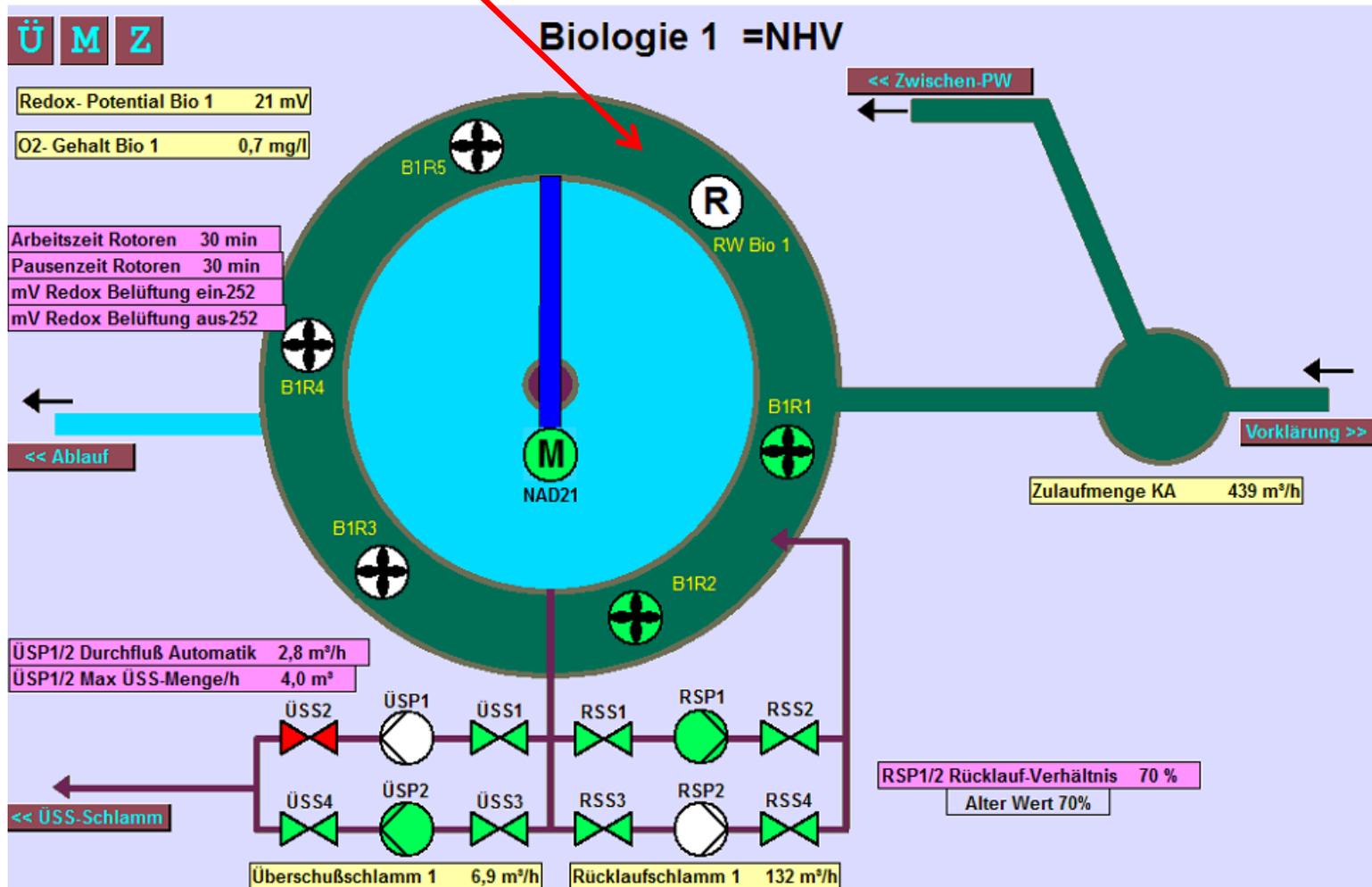


## Einbau eines Einmischmoduls



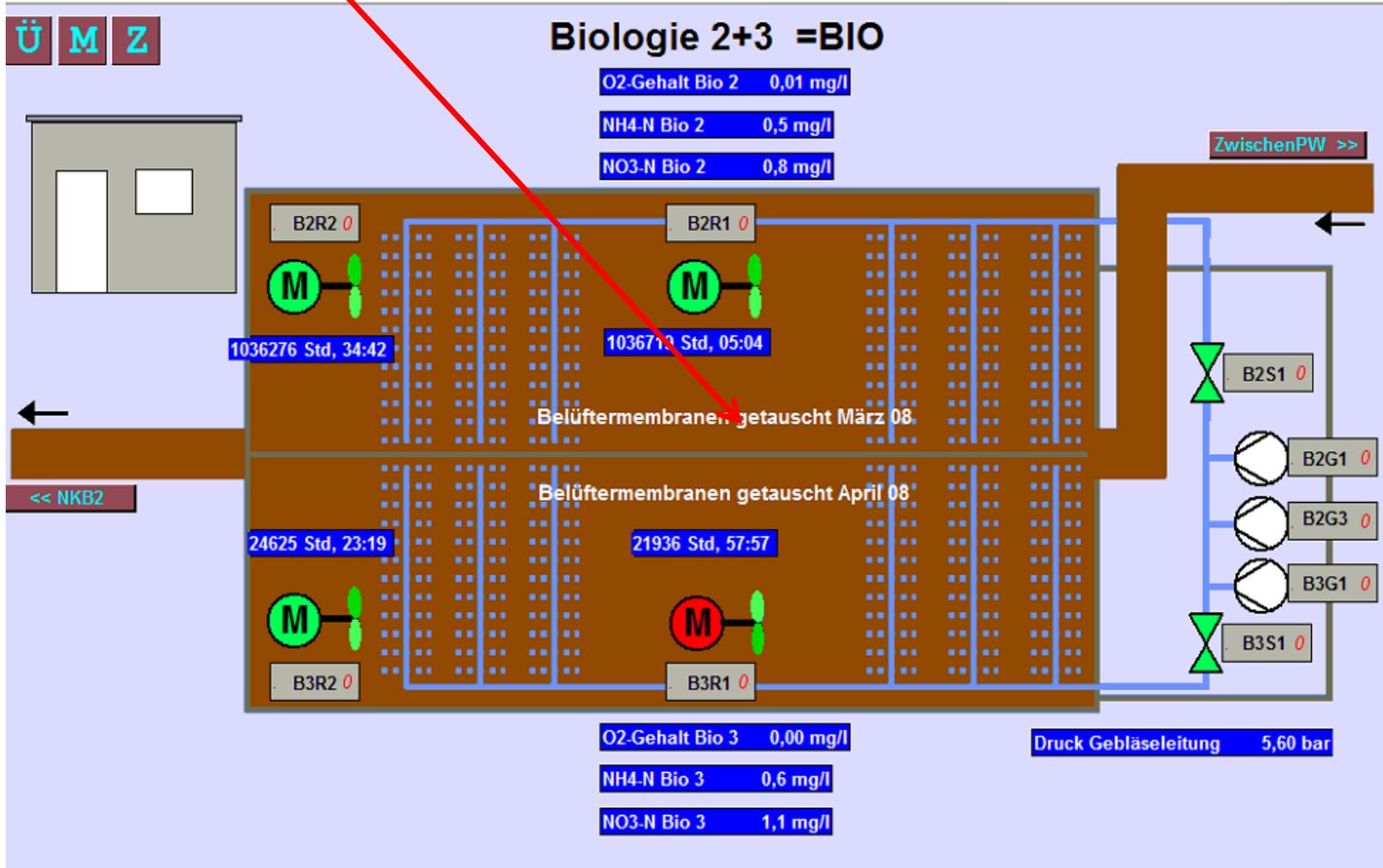
# Optimierung der Kläranlage Idstein-Beuerbach

## TS-Messung, Ammonium- / Nitratmessung



# Optimierung der Kläranlage Idstein-Beuerbach

## Orthophosphatmessung

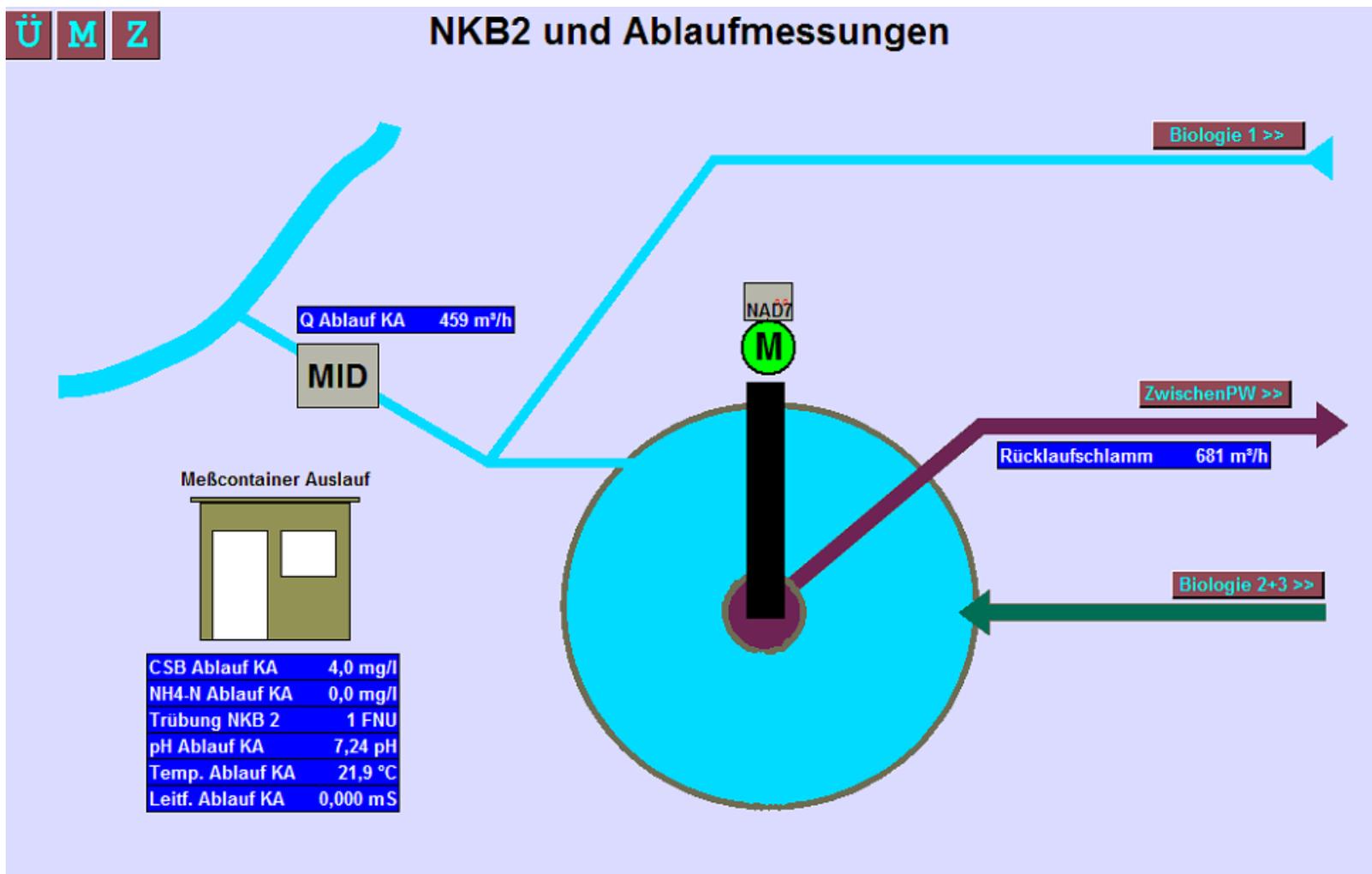




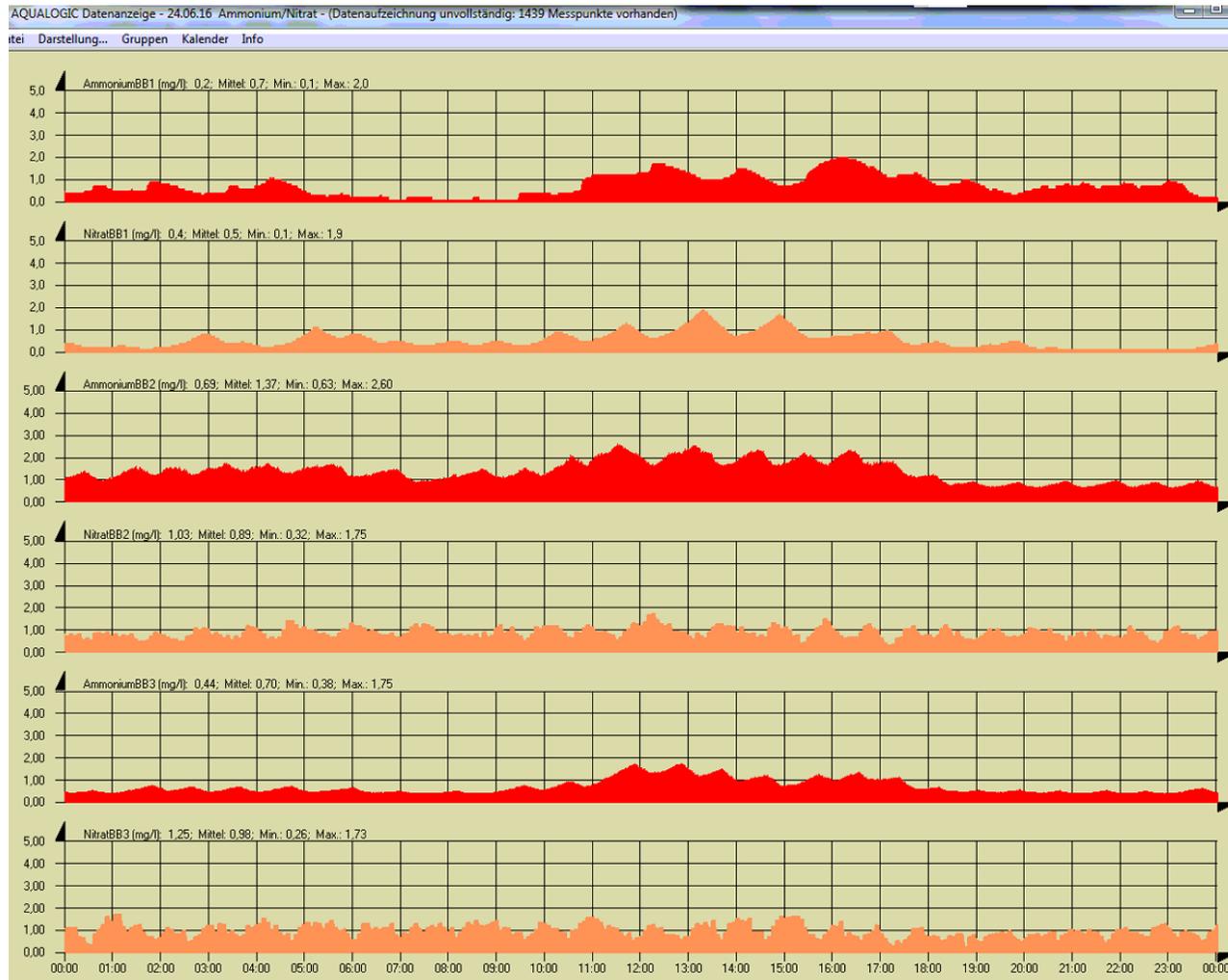
# Optimierung der Kläranlage Idstein-Beuerbach

Ü M Z

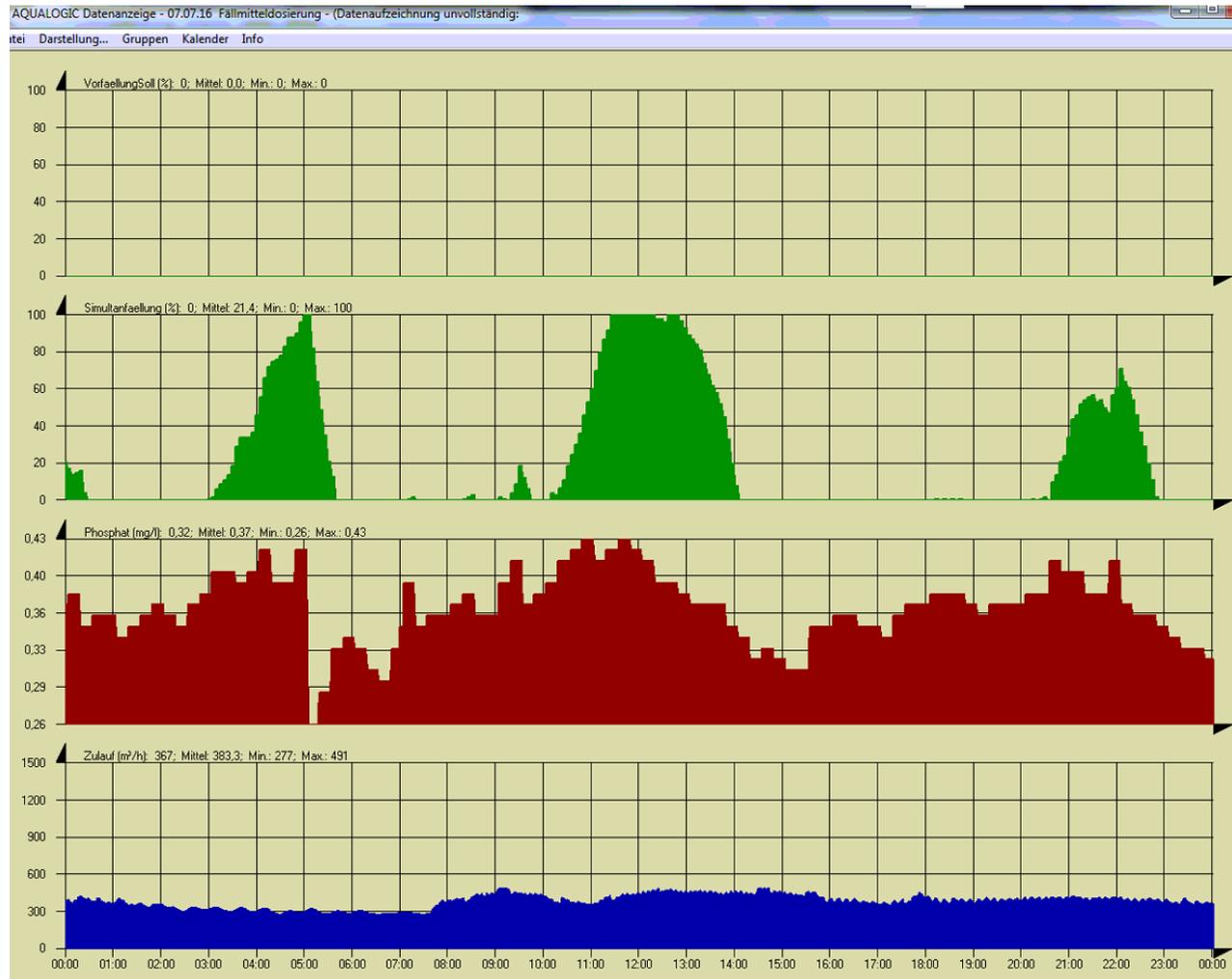
## NKB2 und Ablaufmessungen



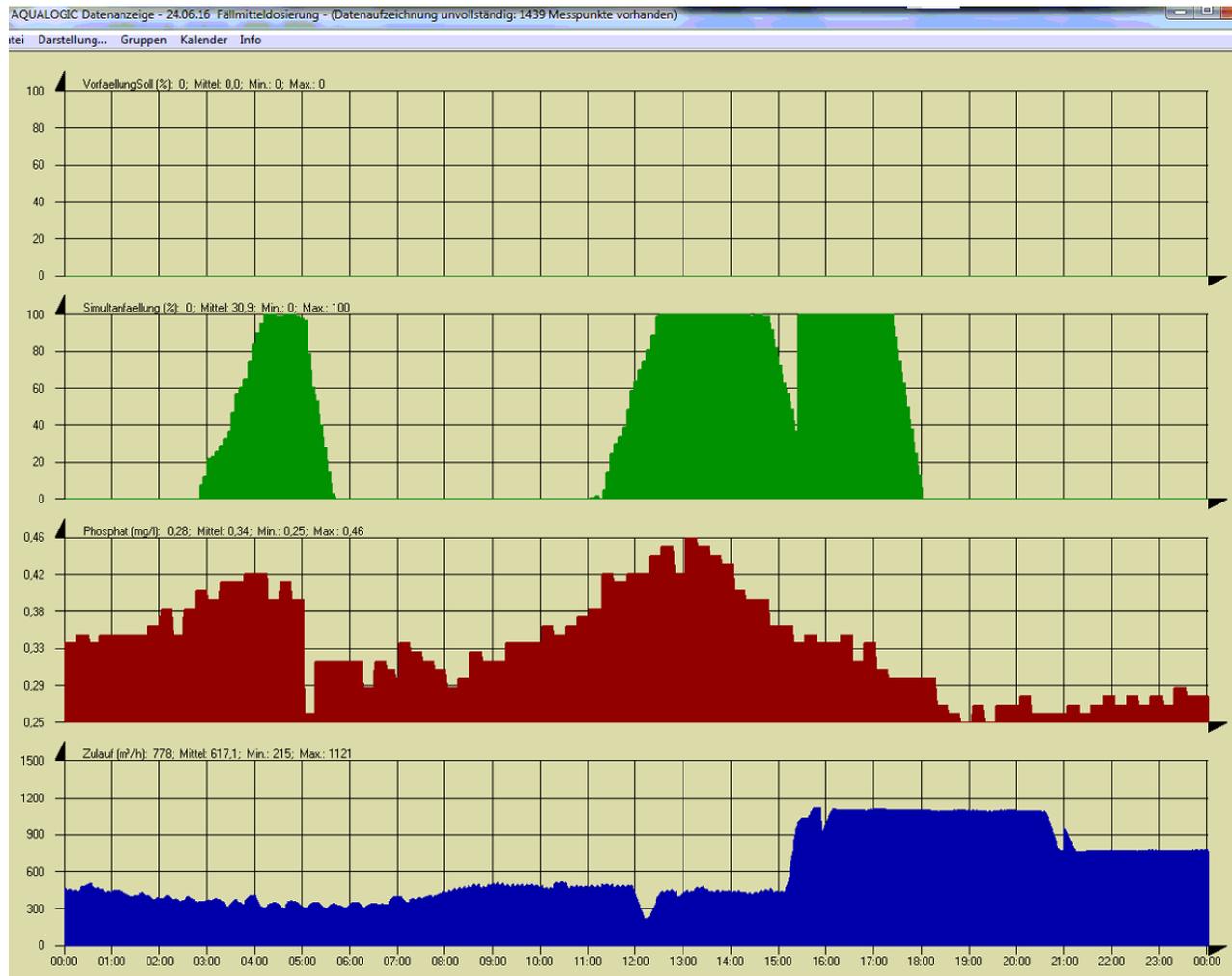
## Ergebnisse Regelung, Ammonium- / Nitratverlauf der drei Belebungsbecken



## Ergebnisse Regelung bei Trockenwetter

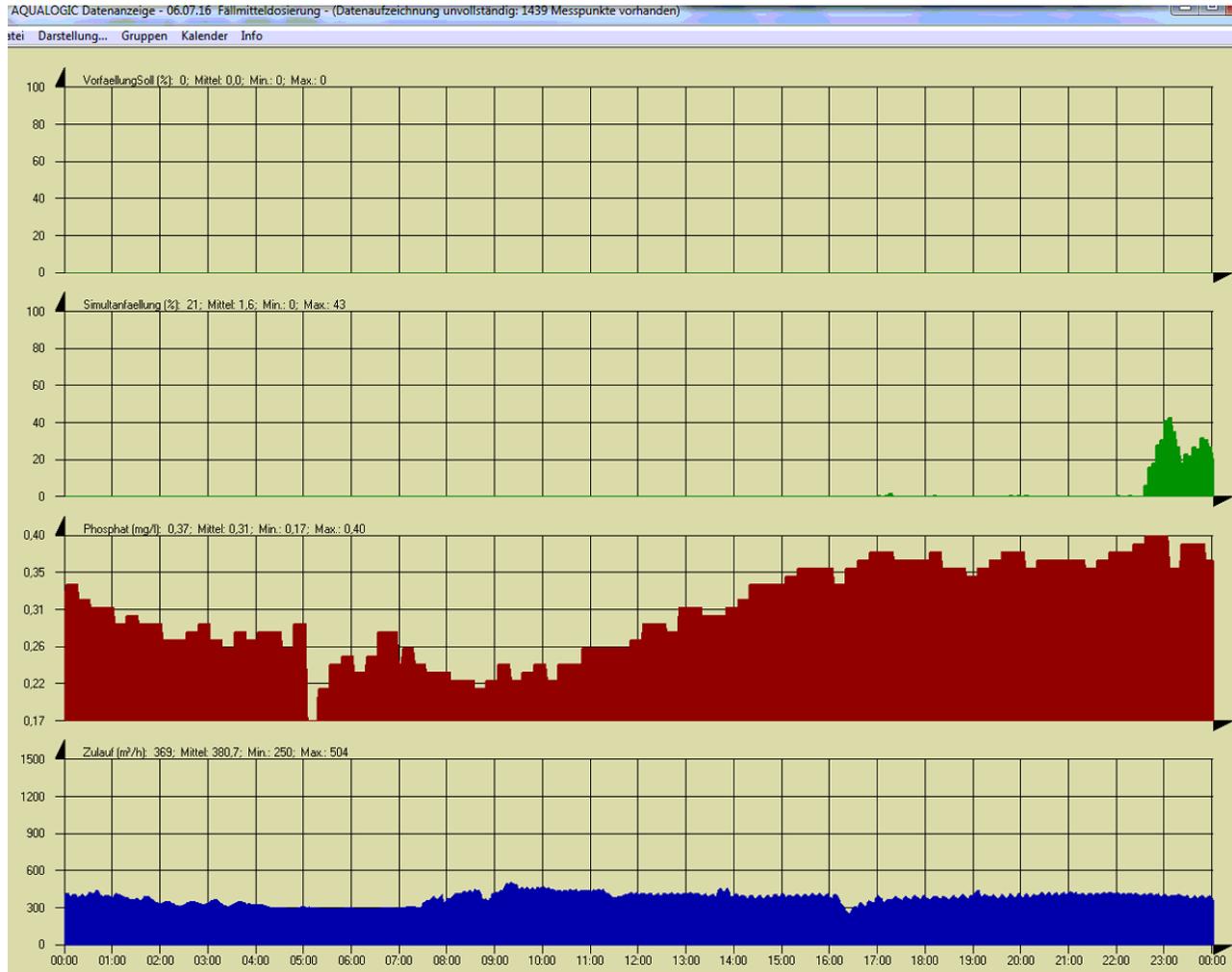


## Ergebnisse Regelung bei Regenwetter



# Optimierung der Kläranlage Idstein-Beuerbach

## Ergebnisse Regelung bei Trockenwetter (Bio-P)



# Optimierung der Kläranlage Idstein-Beuerbach

## Ergebnisse Ablaufwerte Juni 2016

Markierte Tage Große Untersuchung

Gelbe Proben filtriert

		Grenzwerte		15		24		5		5		1,4		MW 24-h																	
Dat	Tag	Uhrzeit	m3	m3	mg/l BSB 5			mg/l CSB			NH4-N		NO2-N		NO3-N		Nges.ano.		TN bound			TKN		P ges.			ortho P	ortho P	ortho P	ortho P	
			ZL	AL	ZL	VKA	NKB	ZL	VKA	NKB	ZL	NKB	ZL	NKB	ZL	NKB	ZL	VKA	NKB	ZL	NKB	ZL	VKA	NKB	ZL	NKB	NKB	ZL	NKB	NKB	Bio 3
01.	Mi	8° - 8°		25.780						17,1		0,3		0,1		2,6		3,0								1,1			0,9	0,81	
02.	Do	20° - 22°		2.230						16,3		0,2		0,1		2,4		2,7									1,2			1,0	0,85
03.	Fr	8° - 8°		22.580						16,1		0,1		0,1		2,6		2,8									1,2			1,0	0,84
04.	Sa	22° - 24°		1.610						15,9		0,1		0,09		2,7		2,9									1,1			1,0	0,82
05.	So	8° - 8°		17.450						16,3		0,2		0,1		3,3		3,6									1,1			0,9	0,78
06.	Mo	0° - 2°		2.230						17,4		0,1		0,1		3,2		3,4									1,2			0,9	0,67
07.	Di	8° - 8°		25.170						16,9		0,1		0,1		2,7		2,9									1,1			1,0	0,73
08.	Mi	2° - 4°		1.650						16,5		0,1		0,1		3,0		3,2									1,1			0,9	0,86
09.	Do	8° - 8°	18.810	19.090	240	65	2,5	475	129	17,3	16,8	0,2	0,5	0,2	1,7	3,1	19,0	3,5	28,6	20,8	6,7	26,4	3,4	4,6	2,5	1,2	1,6		1,0	0,85	
10.	Fr	4° - 6°		870						18,1		0,2		0,2		3,6		4,0									1,2			1,0	0,84
11.	Sa	8° - 8°		11.570						16,0		0,1		0,1		3,8		4,0									1,0			0,9	0,84
12.	So	6° - 8°		1.070						18,9		0,2		0,1		2,4		2,7									1,1			0,9	0,82
13.	Mo	8° - 8°		24.340						18,3		0,1		0,1		2,8		3,0									1,2			1,0	0,76
14.	Di	8° - 10°		2.140						14,2		0,06		0,2		3,1		3,4									1,0			0,8	0,82
15.	Mi	8° - 8°		22.640						16,7		0,1		0,1		3,6		3,8									1,2			0,9	0,84
16.	Do	10° - 12°		2.090						15,8		0,2		0,1		3,5		3,8									1,0			0,9	0,84
17.	Fr	8° - 8°	21.100	21.500	50	35	2,0	118	91	16,3	7,1	0,2	0,3	0,1	0,9	2,8	8,3	3,1	21,2	18,7	4,7	20,0	1,8	3,2	2,1	1,0	1,1		0,8	0,83	
18.	Sa	12° - 14°		1.530						12,6		0,1		0,1		3,3		3,5									1,0			0,8	0,84
19.	So	8° - 8°		17.670						14,3		0,1		0,1		2,4		2,6									1,1			0,9	0,81
20.	Mo	14° - 16°		970						13,3		0,04		0,04		2,5		2,6									0,81		0,59	0,76	0,60
21.	Di	8° - 8°		18.230						15,1		0,06		0,04		1,9		2,0									0,85		0,56	0,69	0,39
22.	Mi	16° - 18°	870	860	245	105	2,0	553	231	13,5	15,8	0,08	0,1	0,05	0,8	2,4	16,7	2,5	27,8	24,5	3,5	26,9	1,1	9,1	3,9	0,69	4,3	0,49	0,51	0,40	
23.	Do	8° - 8°		11.120						13,1		0,06		0,04		2,0		2,1									0,71		0,51	0,54	0,41
24.	Fr	18° - 20°		2.210						12,9		0,03		0,02		1,9		2,0									0,53		0,39	0,49	0,38
25.	Sa	8° - 8°		17.920						13,0		0,05		0,03		1,3		1,4									0,54		0,38	0,46	0,32
26.	So	20° - 22°		1.700						14,7		0,05		0,04		1,9		2,0									0,59		0,41	0,48	0,39
27.	Mo	8° - 8°		22.980						15,0		0,07		0,05		2,4		2,5									0,53		0,35	0,47	0,40
28.	Di	22° - 24°	1.250	1.260	180	95	1,5	398	195	14,8	26,7	0,06	0,3	0,04	1,1	1,8	28,1	1,9	36,5	29,7	3,1	35,1	1,3	8,3	4,3	0,56	4,1	0,36	0,46	0,40	
29.	Mi	8° - 8°		15.170						15,3		0,07		0,06		1,7		1,8									0,59		0,37	0,49	0,40
30.	Do	0° - 2°		1.000						15,1		0,05		0,04		1,8		1,9									0,54		0,39	0,45	0,41

# Optimierung der Kläranlage Idstein-Beuerbach

## Ergebnisse Ablaufwerte Juli 2016

Markierte Tage Große Untersuchung

Gelbe Proben filtriert

		Grenzwerte																														MW 24-h																				
																																15	24	5																5	1,4	Online
Dat.	Tag	Uhrzeit	m3	m3	mg/l BSB 5			mg/l CSB			NH4-N		NO2-N		NO3-N		Nges.ano.		TN bound			TKN		P ges.		ortho P	ortho P	ortho P	ortho P																							
			ZL	AL	ZL	VKA	NKB	ZL	VKA	NKB	ZL	NKB	ZL	NKB	ZL	NKB	ZL	NKB	ZL	VKA	NKB	ZL	NKB	ZL	VKA	NKB	ZL	NKB	NKB	Bio 3																						
01.	Fr	8°° - 8°°		11.930						13,0		0,04	0,03		1,9	2,0																																				
02.	Sa	2°° - 4°°		770						13,7		0,03	0,02		1,7	1,8																																				
03.	So	8°° - 8°°		14.700						15,3		0,04	0,02		1,6	1,7																																				
04.	Mo	4°° - 6°°		670						14,1		0,06	0,03		1,8	1,9																																				
05.	Di	8°° - 8°°		8.720						14,6		0,05	0,02		1,9	2,0																																				
06.	Mi	6°° - 8°°		610						15,1		0,04	0,02		1,8	1,9																																				

# Optimierung der Kläranlage Idstein-Beuerbach

## Ergebnisse Fällmittelverbrauch 2016

Grenzwert 1,4 mg/l

Einstellung Regler: 0,85 mg/l Orthophosphat

Tag	Datum	Verbrauch l/Tag	Verbrauch kg/Tag
Sa	7.5.16	191	280
So	8.5.16	275	401
Mo	9.5.16	319	466
Di	10.5.16	309	452
Mi	11.5.16	334	487
Do	12.5.16	398	581
Fr	13.5.16	142	208
Sa	14.5.16	270	394
So	15.5.16	255	373
Mo	16.5.16	226	330
Di	17.5.16	476	695
Mi	18.5.16	388	566
Do	19.5.16	344	502
Fr	20.5.16	201	294
<b>Mittelwert</b>		<b>295</b>	<b>431</b>

Grenzwert 0,7 mg/l

Einstellung Regler: 0,35 mg/l Orthophosphat

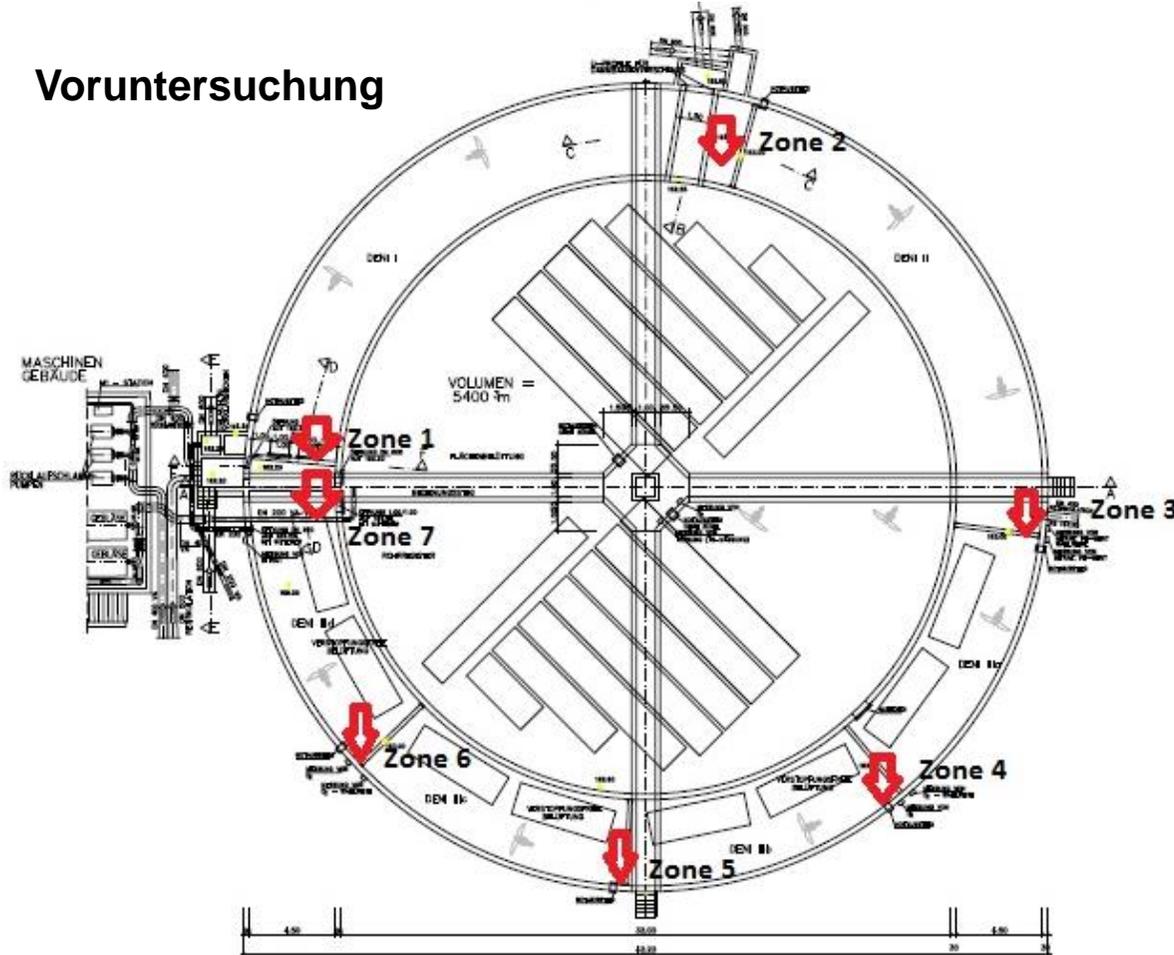
Tag	Datum	Q Auslauf Q/Tag	Verbrauch l/Tag	Verbrauch kg/Tag
Di	21.6.16	18.230	408	595
Mi	22.6.16	14.060	486	710
Do	23.6.16	11.120	211	308
Fr	24.6.16	10.520	899	1312
Sa	25.6.16	17.920	393	573
So	26.6.16	26.190	34	50
Mo	27.6.16	22.980	59	86
Di	28.6.16	19.980	427	624
Mi	29.6.16	15.170	452	660
Do	30.6.16	12.890	329	480
Fr	1.7.16	11.930	511	746
Sa	2.7.16	10.070	314	459
So	3.7.16	14.700	241	351
Mo	4.7.16	16.870	250	366
Di	5.7.16	8.720	349	509
Mi	6.7.16	10.730	290	423
Do	7.7.16	8.700	324	473
<b>Mittelwert</b>			<b>351</b>	<b>513</b>

Ca. 150 l/d durchschnittlicher Verbrauch in der Vergangenheit bei einem Grenzwert von 2,0 mg/l Gesamtphosphat



# Planung für Optimierung der Phosphoreliminierung der KA Lollar

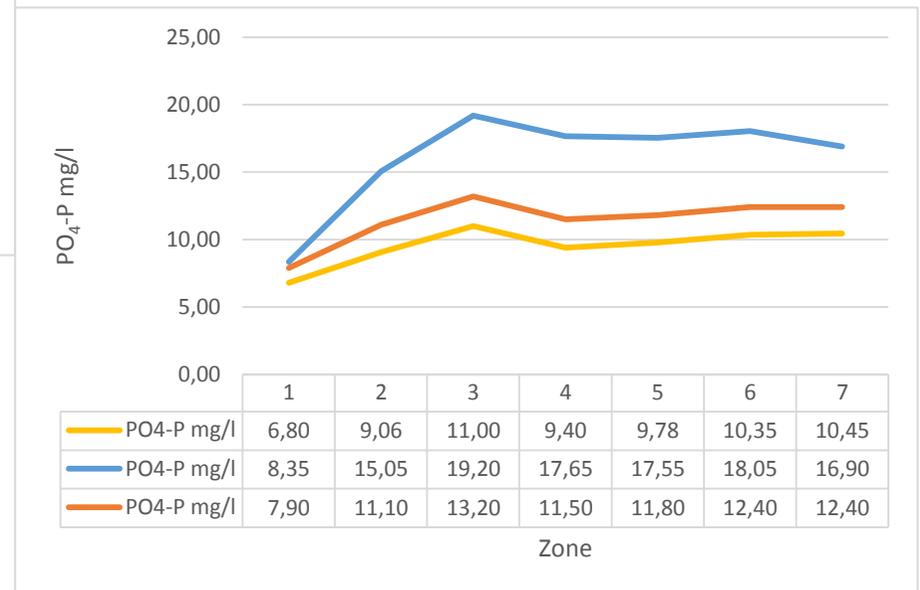
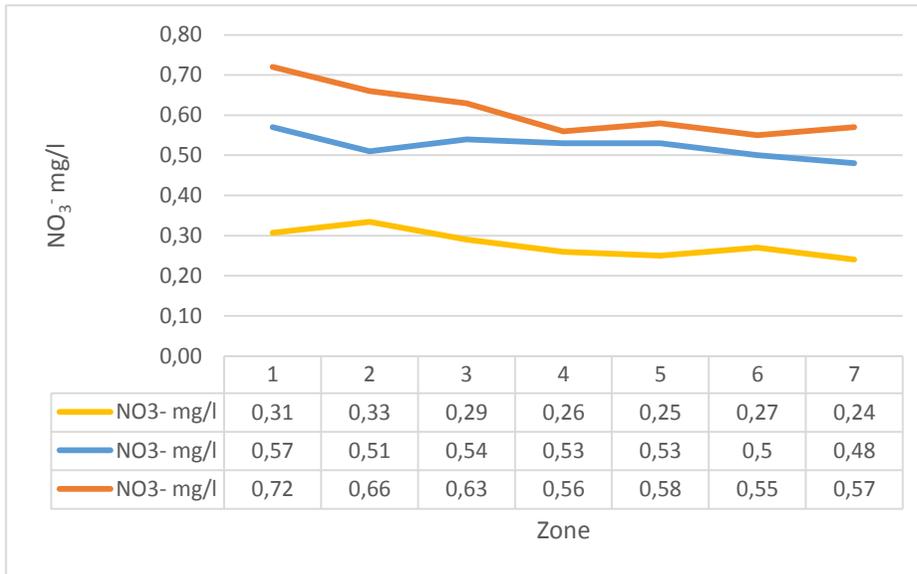
## Voruntersuchung



Grundriss des Belebungsbeckens 1. Die roten Pfeile zeigen die Stellen, an denen die Probenentnahmen der Parameter PO<sub>4</sub>-P und NO<sub>3</sub>- erfolgten

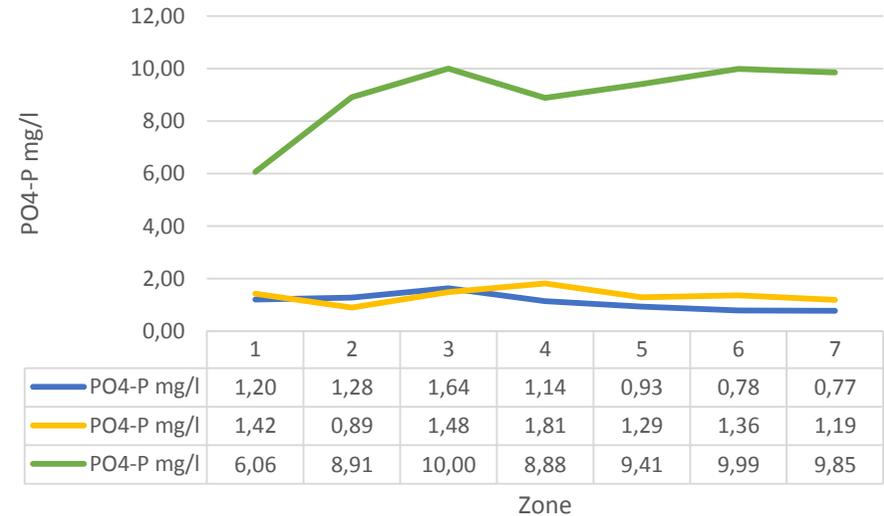
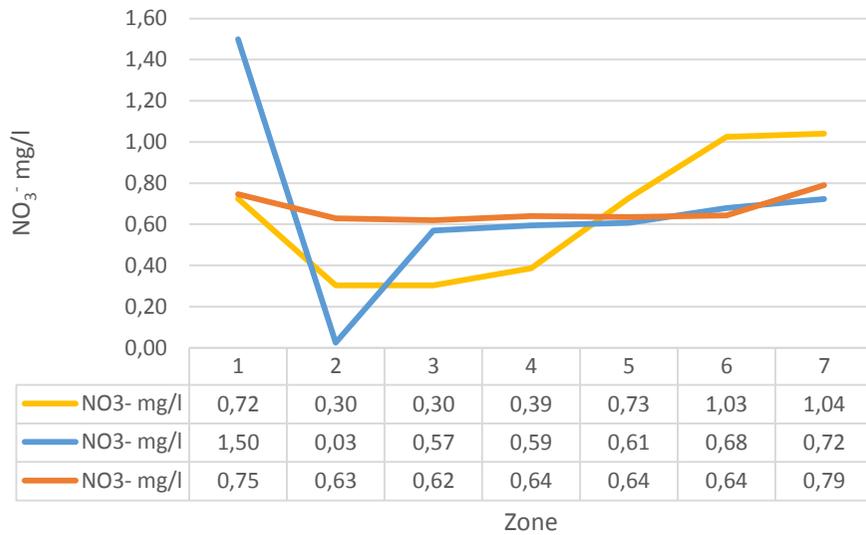
# Planung für Optimierung der Phosphoreliminierung der KA Lollar

## Testreihe zum Nitrat- und Phosphatverlauf in der Zonen 1 bis 7 bei Trockenwetter



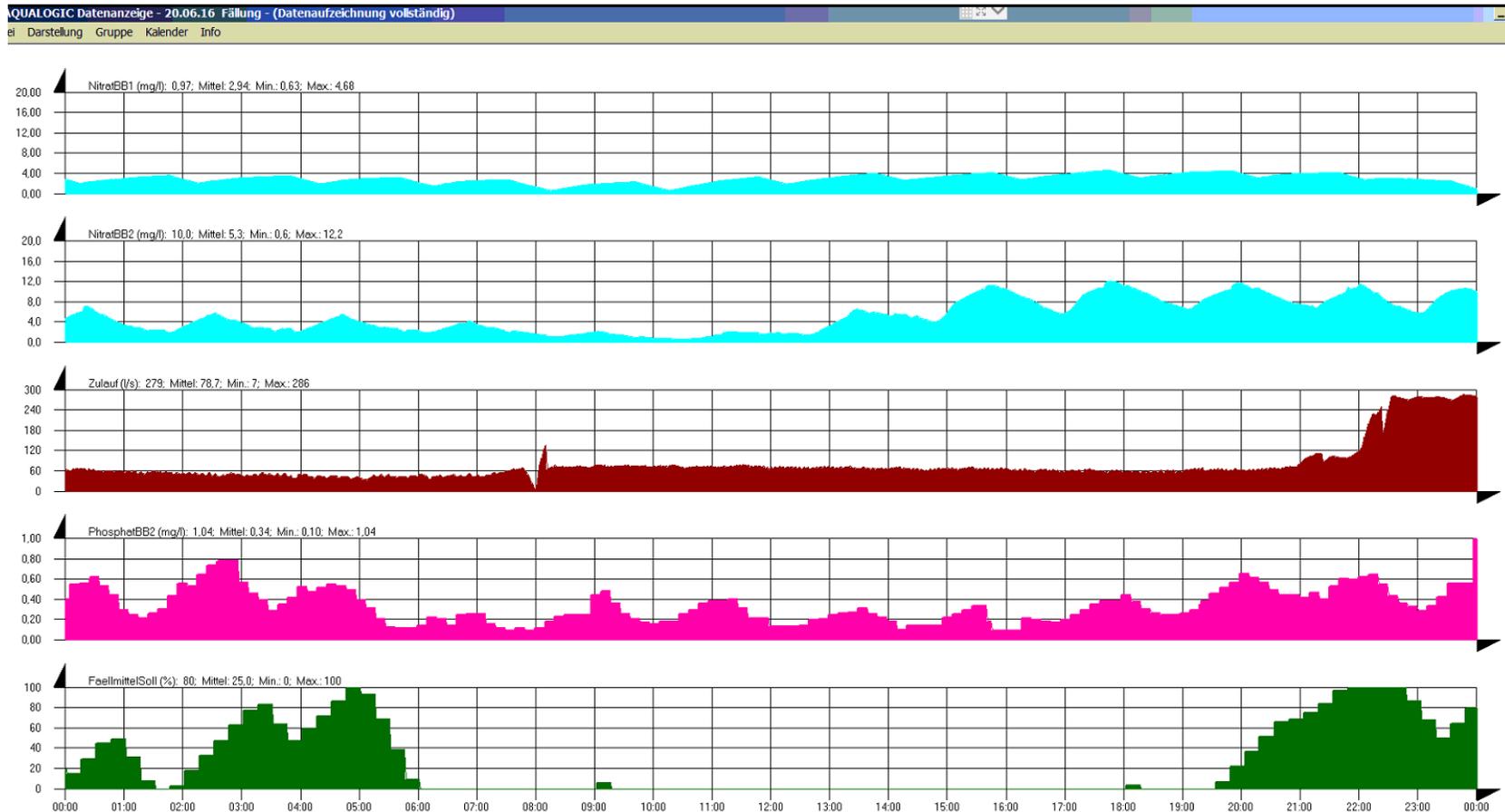
# Planung für Optimierung der Phosphoreliminierung der KA Lollar

## Testreihe zum Nitrat- und Phosphatverlauf in den Zonen 1 bis 7 bei Regenwetter



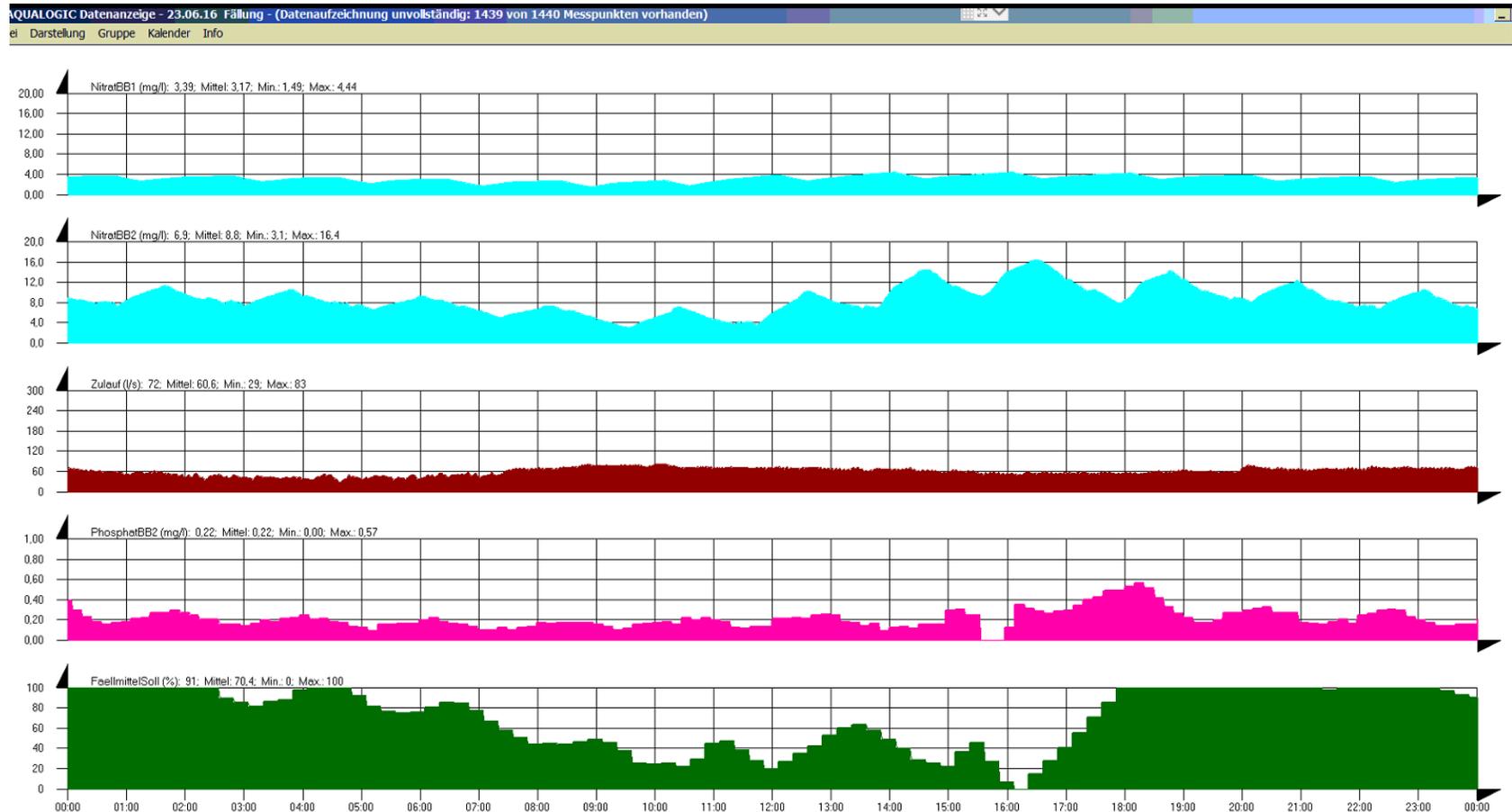
# Planung für Optimierung der Phosphoreliminierung der KA Lollar

## Kurvenverlauf der Fällmitteldosierung mit Grenzwert 0,45 mg/l Orthophosphat, bei Trockenwetter



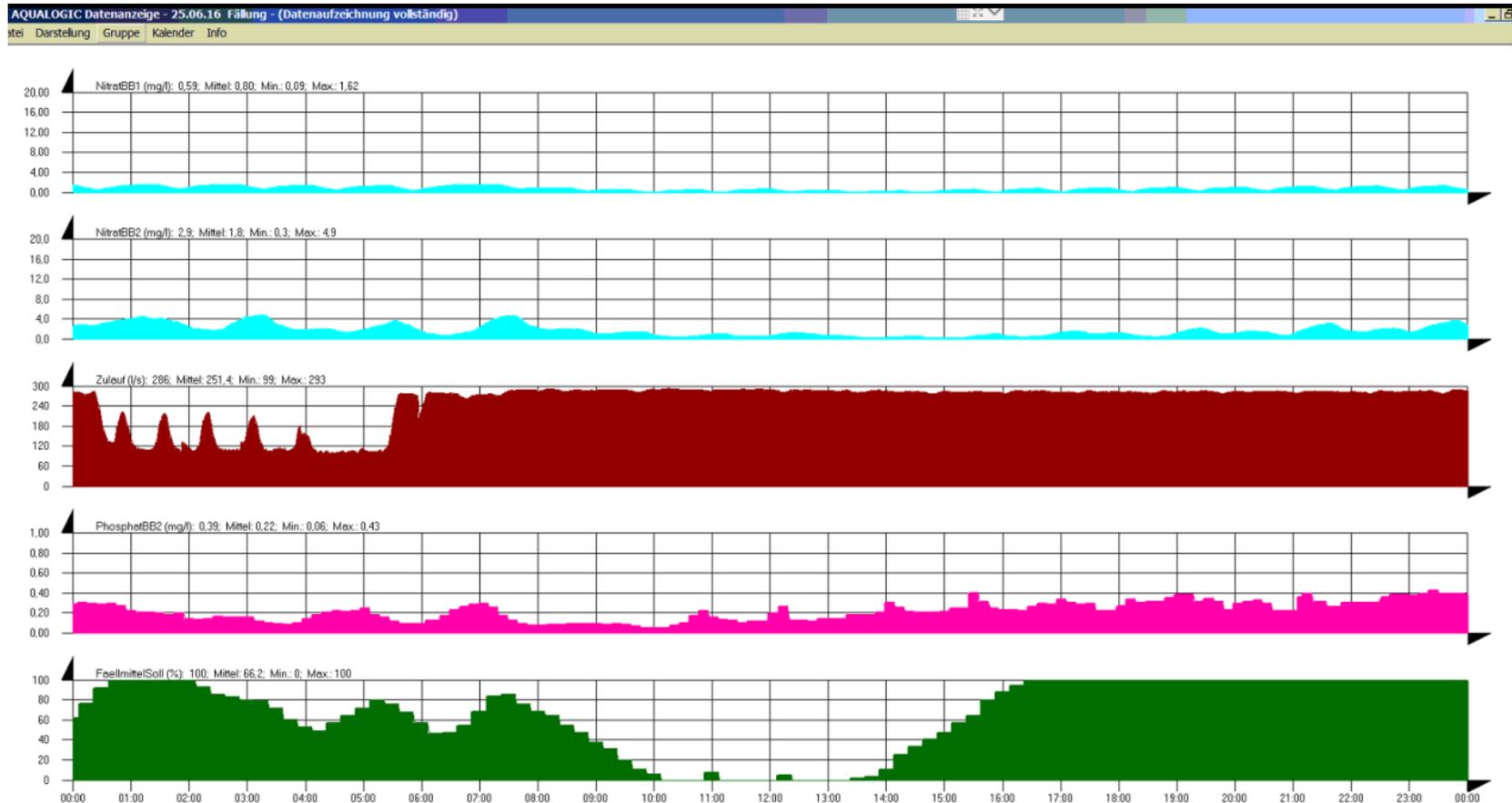
# Planung für Optimierung der Phosphoreliminierung der KA Lollar

## Kurvenverlauf der Fällmitteldosierung mit Reglereinstellung 0,25 mg/l Orthophosphat, bei Trockenwetter



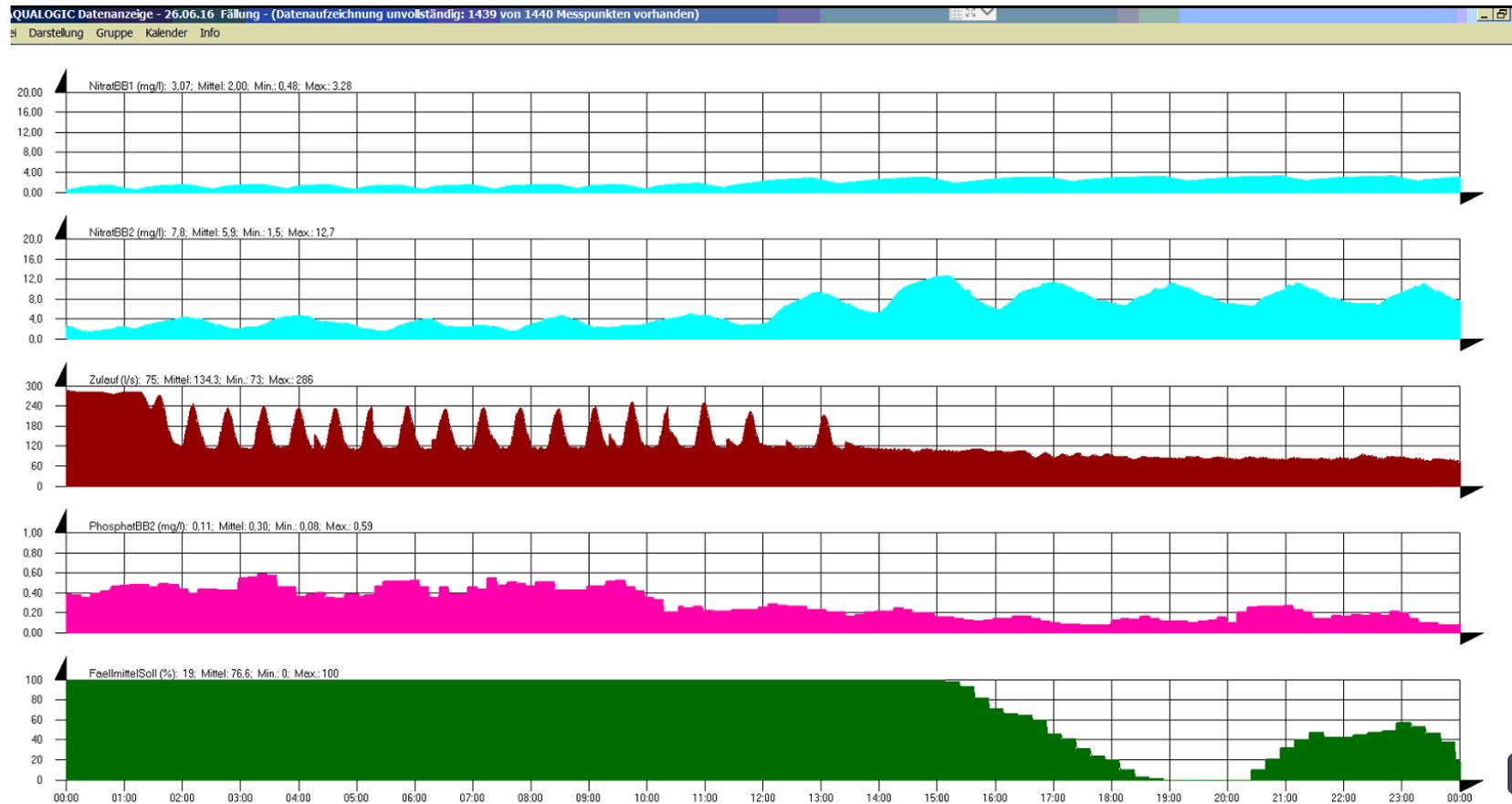
# Planung für Optimierung der Phosphoreliminierung der KA Lollar

## Kurvenverlauf der Fällmitteldosierung mit Reglereinstellung 0,25 mg/l Orthophosphat, bei Regenwetter



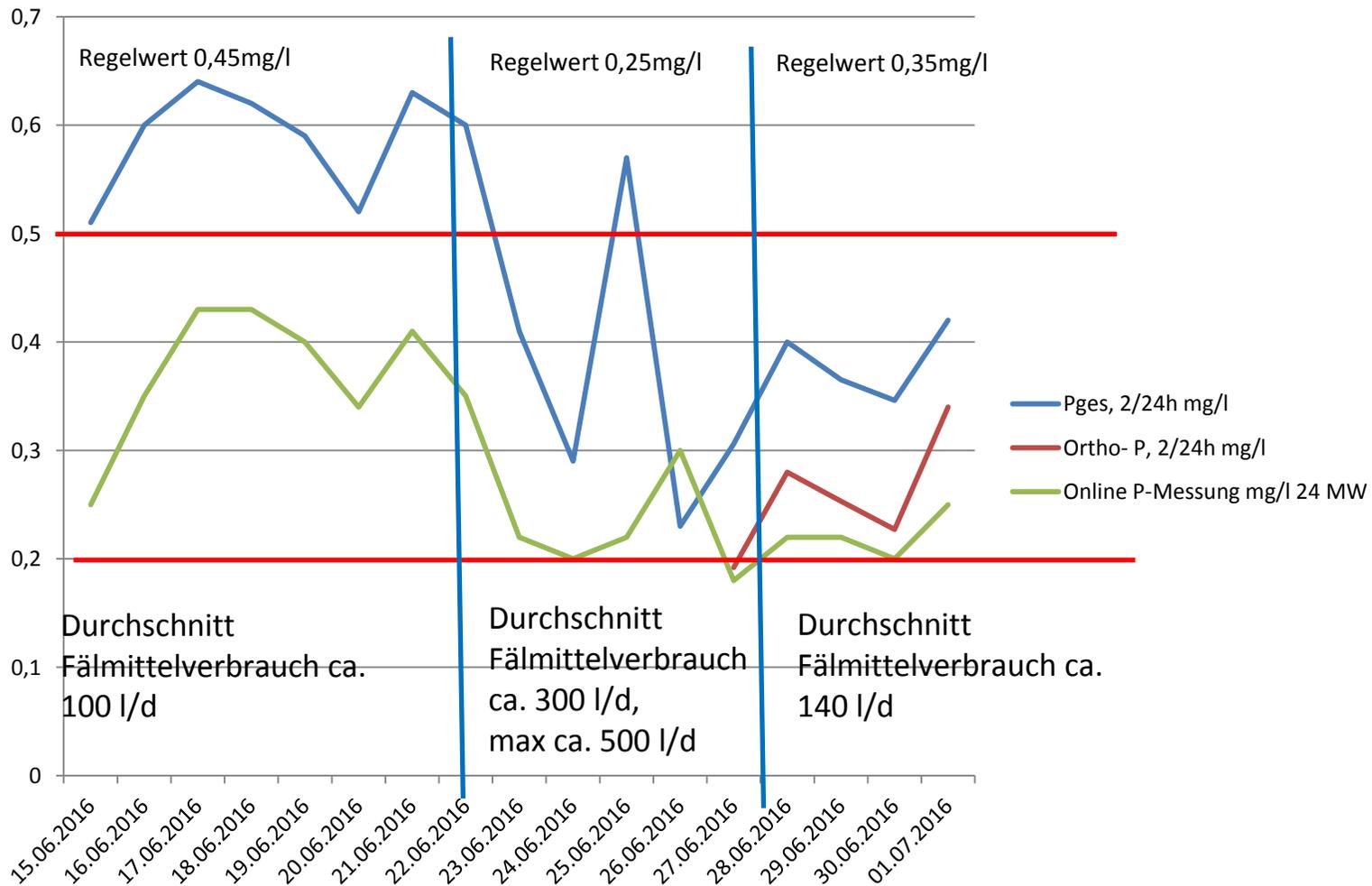
# Planung für Optimierung der Phosphoreliminierung der KA Lollar

## Kurvenverlauf der Fällmitteldosierung mit Reglereinstellung 0,25 mg/l Orthophosphat, bei Regenwetter



# Planung für Optimierung der Phosphoreliminierung der KA Lollar

## Ergebnisse der Phosphatablaufwerte



# Planung für Optimierung der Phosphoreliminierung der KA Lollar

## Maßnahmen

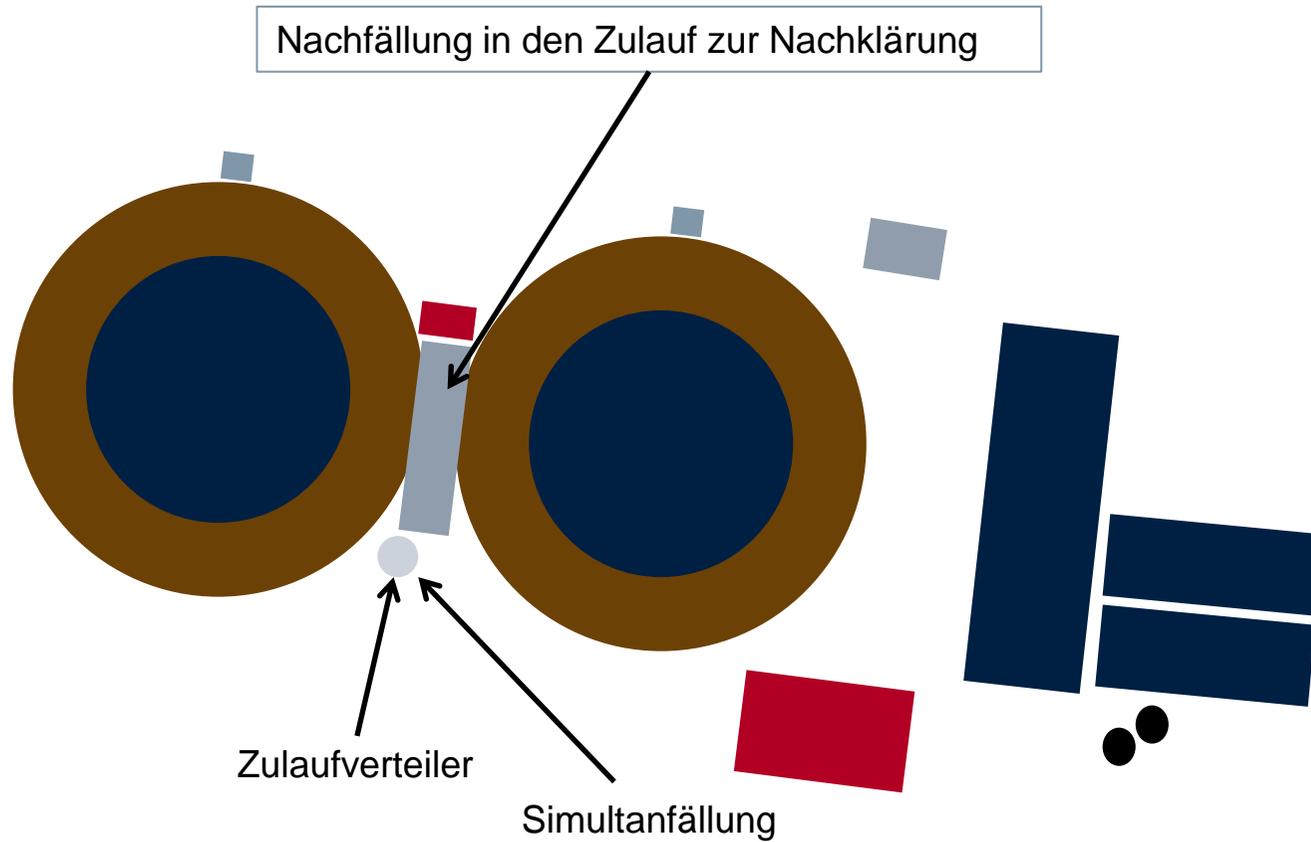
- Umstellungen Fällung auf Zweipunkt-Fällung
- Anpassung der Regelstrategien
- Anpassung der Verfahrenstechnik der Belebung 1
- Umbau der Fällmitteldosieranlage
- Simulation der Nachklärung
- Evtl. Umbau der Nachklärung

# Vorstudie zur Optimierung der Kläranlage Breuberg-Hainstadt



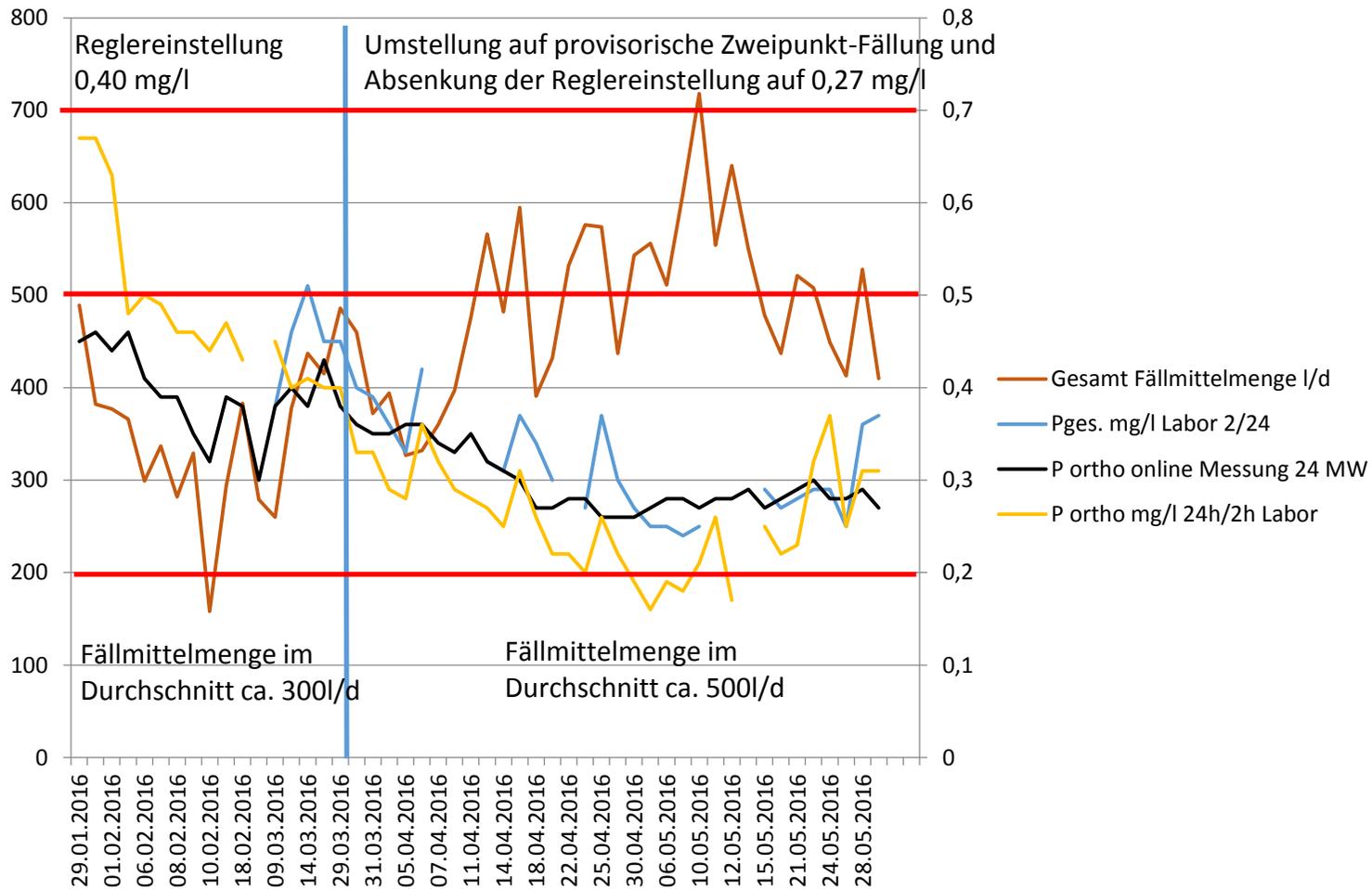
# Vorstudie zur Optimierung der Kläranlage Breuberg-Hainstadt

## Übersicht der Belebungsbecken mit Fällpunkten



# Vorstudie zur Optimierung der Kläranlage Breuberg-Hainstadt

## Ergebnisse der Phosphatablaufwerte



- Bei den betrachteten Kläranlagen kann festgestellt werden, dass das Erreichen der Überwachungswerte von 0,7 mg/l in den 2 Stunden-Mischproben und das arithmetische Mittel für den Ablaufwerte von 0,5 mg/l in den 24 Stunden-Mischproben mit geeigneten Maßnahmen zu erreichen ist.
- Der Grenzwert für die 0,2 mg/l Orthophosphat in den 24 Stunden-Mischproben ist in den meisten Fällen nur mit extrem hohen Mengen an Fällmittel oder gar nicht zu erreichen. Hier sollte die ökologische und ökonomische Gesamtbilanz nochmal betrachtet werden.

**WE MAKE WATER TECHNOLOGY WORK**

