Ruhrverband
WISSEN, WERTE, WASSER

Wasserwirtschaftliche Planung in Zeiten des Klimawandels

Thomas Grünebaum
Geschäftsbereich *Zentrale technische Abteilungen (ZA)*

18. Ruhrverbands-Forum am 9. April 2019
„Wetterextreme – Herausforderungen für die Wasserwirtschaft“

Planungsaspekte im Hinblick auf Klimawandel

1 **Klimawandel und Klimafolgen offensichtlich**

2 **Wirkungszusammenhänge komplex**

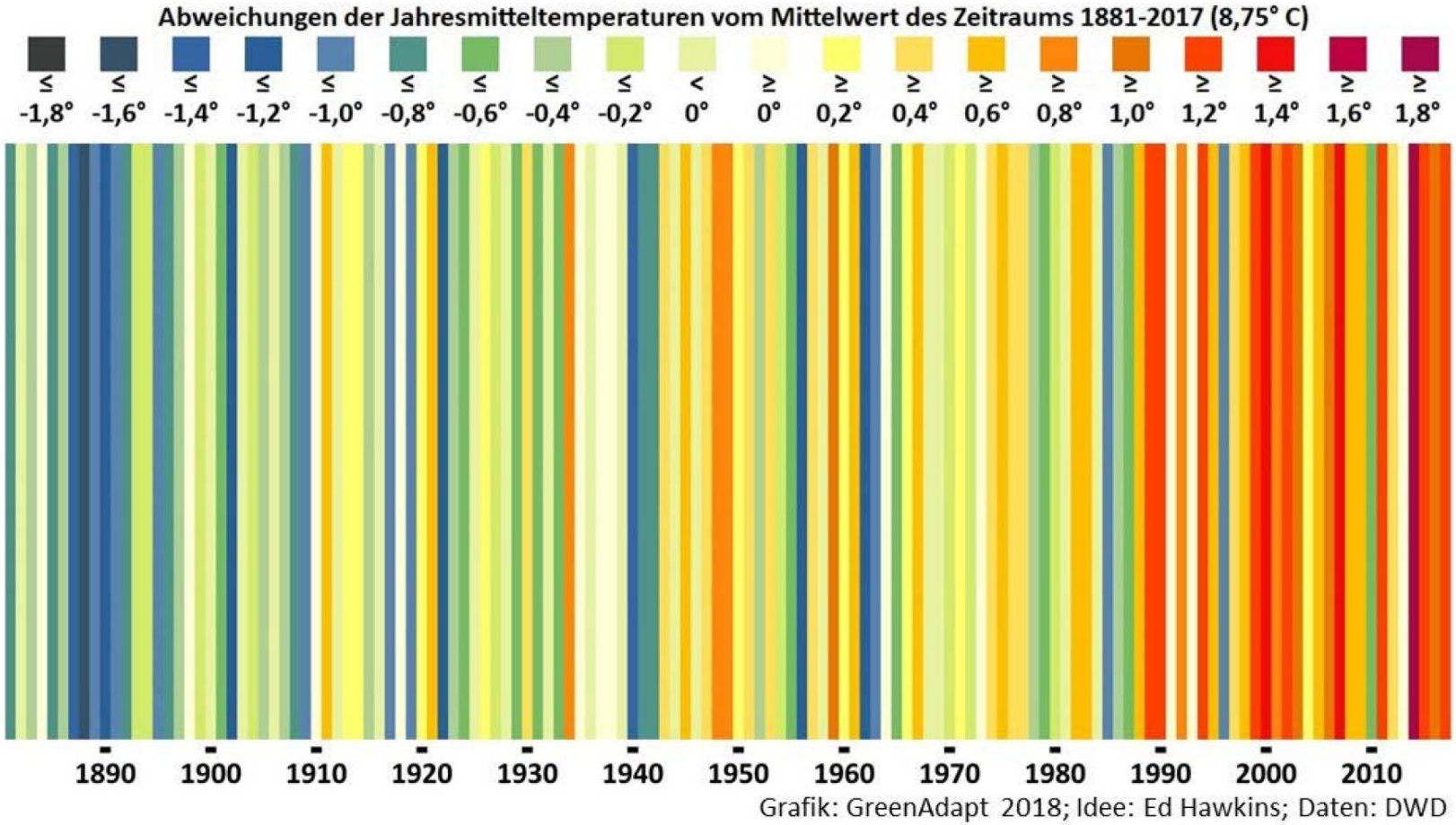
3 **Datengrundlagen in der Planung unsicher**

4 **Systeme und Bauwerke anpassen und weiterentwickeln**

5 **Gewässer in Stadt und Landschaft als Schlüsselelemente und Schlüsselmaßnahmen**

Ruhrverband
WISSEN, WERTE, WASSER

Klimafolgen: „Warming stripes“ für die Stadt Iserlohn



Mit Dank für die freundliche Überlassung der Darstellung an Adrian Pfalzgraf und Carsten Walther, GreenAdapt, Berlin
Vortrag anlässlich des Workshops zu Klimafolgenanpassung der Stadt Iserlohn am 31. Januar 2019

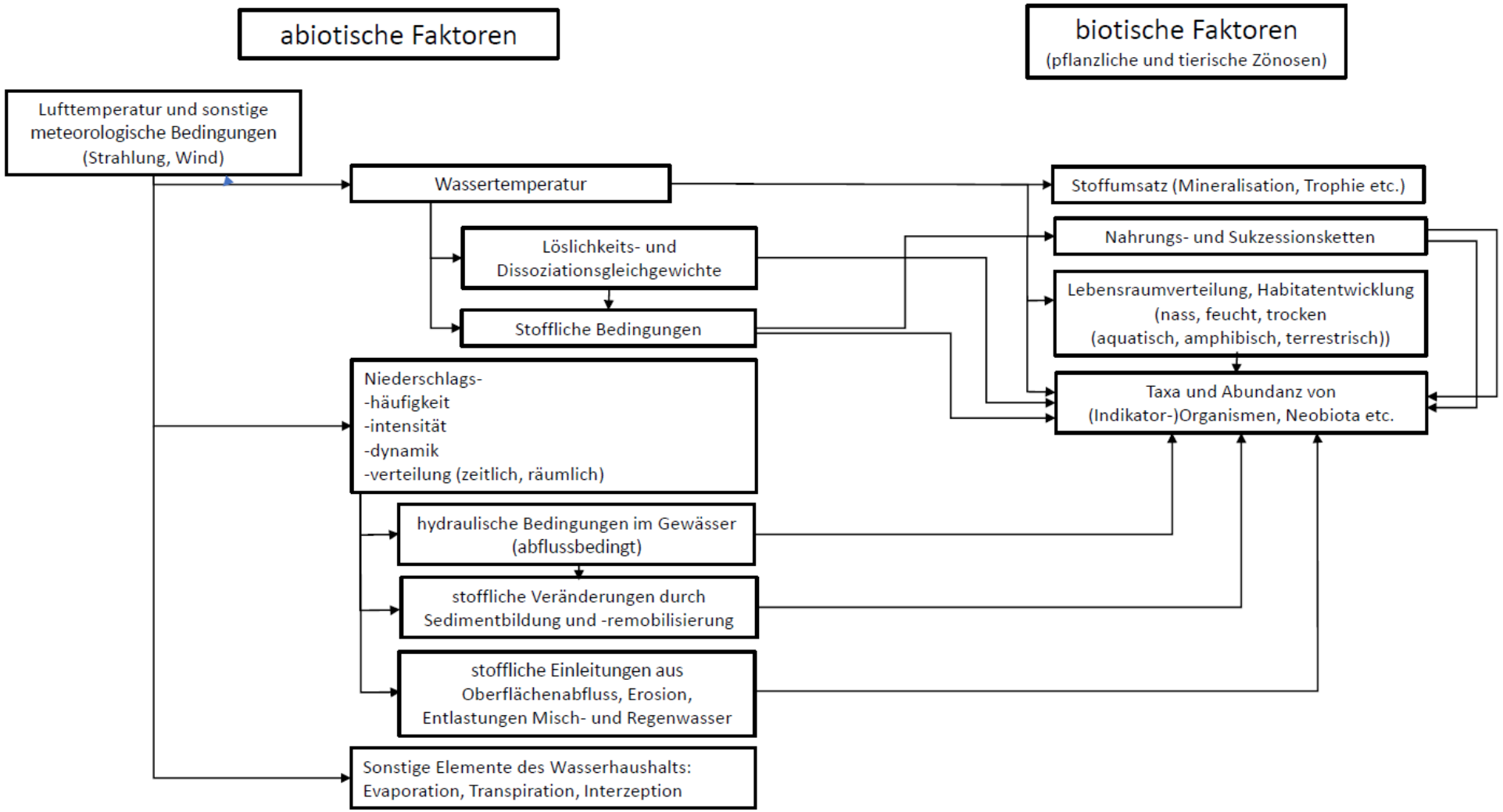
Ruhrverband
WISSEN, WERTE, WASSER

Lokales Starkregenereignis Sundern 22.07.16

Handy-Videos: Straßenkörper der Durchgangsstraße Silmecke/Röhre
Garten und Terrasse Nachbargrundstück

Ruhrverband
WISSEN, WERTE, WASSER

Treiber Lufttemperatur



Ruhrverband
WISSEN, WERTE, WASSER

Statistik in der Wasserwirtschaft

- **Retrospektive Betrachtung**
- **Keine Extrapolation von Trends**
- **Keine Mustererkennung und -berücksichtigung**

Ruhrverband
WISSEN, WERTE, WASSER

Statistik in der Wasserwirtschaft

Abflüsse — Rheingebiet, Teil III — 2018

A_{Eo} : 453 km²
PNP : NHN +234,00 m
Lage : 75,3 km ab Mündung, Rechts

Q
m³/s

Pegel : Bamenohl — Nr. 2766390000100
Gewässer : Lenne
Gebiet : Ruhr

Tageswerte

Tag	2017 Nov	2017 Dez	2018 Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1.	7,71	21,9	42,2	25,3	2,81	9,50	2,69	3,38	1,04	0,710	0,580	0,639	0,883	0,725
2.	7,07	17,1	50,4	24,8	3,14	9,73	2,42	4,98	1,01	0,694	0,563	0,718	0,768	1,34
3.	6,54	14,5	72,1	21,9	3,25	10,2	2,32	2,77	0,980	0,694	0,572	0,758	0,729	6,26
4.	6,09	14,1	80,5	18,3	3,19	10,6	2,15	2,29	0,985	0,694	0,587	0,693	0,682	7,14
5.	9,65	16,3	55,5	15,4	3,68	10,6	2,05	2,14	2,61	0,694	0,714	0,635	0,665	5,01
6.	9,76	17,2	38,1	13,5	4,22	9,74	1,95	1,99	2,45	0,603	0,798	0,609	0,629	3,92
7.	9,26	17,8	27,9	12,1	4,27	9,20	1,98	1,95	1,29	0,521	1,11	0,610	0,631	3,94
8.	9,04	22,6	21,5	10,6	5,74	8,61	1,90	3,29	1,07	0,521	0,730	0,616	0,627	10,1
9.	8,46	21,4	17,7	9,47	9,62	7,99	1,82	4,50	1,01	0,729	0,660	0,602	0,606	28,6
10.	8,06	20,8	15,0	8,72	8,98	7,50	2,27	15,0	1,65	0,902	0,648	0,600	0,746	29,1
11.	8,26	23,9	12,8	8,35	9,40	8,24	2,01	7,42	3,09	0,642	0,619	0,573	1,05	20,4
12.	8,69	35,7	11,0	7,82	9,83	6,84	1,74	5,10	3,37	0,600	0,599	0,560	3,88	14,7
13.	11,6	35,7	9,83	6,84	12,7	6,30	3,56	3,90	1,89	0,783	0,609	0,559	1,61	11,4
14.	12,6	44,0	8,88	6,32	14,5	5,92	5,77	3,25	1,47	0,948	0,602	0,544	1,07	9,12
15.	13,0	37,0	8,63	6,13	15,1	6,10	2,75	2,82	1,21	0,712	0,601	0,555	0,946	7,37
16.	12,6	28,3	16,2	5,93	16,7	5,41	2,81	2,33	1,17	0,658	0,576	0,524	0,904	6,31
17.	11,7	22,5	16,1	5,41	14,6	4,85	2,41	2,23	1,14	0,615	0,575	0,528	0,827	5,80
18.	10,6	18,8	21,0	5,02	13,4	4,42	2,18	2,02	1,04	0,590	0,560	0,537	0,777	5,32
19.	11,2	16,0	26,6	4,80	12,0	4,07	2,04	1,92	1,03	0,564	0,551	0,520	0,776	4,73
20.	11,1	16,7	24,6	4,65	10,7	3,89	1,89	1,66	0,970	0,560	0,536	0,505	0,804	4,92
21.	21,1	20,3	21,0	4,45	9,35	3,84	1,81	1,60	0,973	0,560	0,541	0,499	0,755	13,1
22.	32,0	29,8	18,4	4,21	8,86	3,76	3,41	1,53	0,936	0,559	0,538	0,537	0,723	23,3
23.	27,2	35,7	18,3	4,02	8,94	4,26	3,61	1,67	0,930	0,555	1,05	0,555	0,754	24,6
24.	23,5	41,2	27,5	3,59	8,29	3,48	2,53	1,50	0,903	0,535	1,41	0,745	0,732	30,1
25.	20,6	38,8	42,7	3,29	7,44	3,33	2,64	1,57	0,854	0,569	0,787	0,836	0,770	26,4
26.	18,6	32,3	39,9	3,35	6,72	3,55	2,30	1,38	0,896	0,571	0,701	0,764	0,746	20,2
27.	21,5	25,8	31,0	3,15	6,43	3,22	2,11	1,31	0,867	0,592	0,670	0,750	0,707	15,5
28.	35,5	21,5	25,0	2,67	7,66	2,92	2,12	1,11	0,797	0,560	0,630	0,696	0,659	12,2
29.	35,9	18,0	20,7		8,74	2,80	2,14	1,15	0,797	0,570	0,619	0,630	0,696	10,0
30.	28,5	18,2	18,5		8,34	2,72	2,18	1,10	0,784	0,815	0,612	0,803	0,707	9,33
31.		28,1	19,9		8,70		2,53		0,710	0,646		1,35		6,75

Hauptwerte

	2017 Nov	2017 Dez	2018 Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Tag	4.	4.	15.	28.	1.	30.	12.	30.	31.	7.+	20.	21.	9.	1.
NQ	6,09	14,1	8,63	2,67	2,81	2,72	1,74	1,10	0,712	0,521	0,536	0,499	0,606	0,725
MQ	15,2	24,9	27,7	8,93	8,65	6,12	2,45	2,96	1,29	0,644	0,678	0,647	0,895	12,2
HQ	38,5	45,8	89,5	28,0	18,0	11,4	10,3	28,8	7,52	1,83	3,05	2,17	6,81	37,1
Tag	28.	14.	4.	1.	16.	4.	22.	10.	5.	13.	24.	31.	12.	9.
h_N mm														
h_A mm	87	147	164	48	51	35	15	17	8	4	4	4	5	72

	1972/2017		1973/2018 – 46 Jahre											
Jahr	1983	2011	1996	1996	2011	2011	2011	1989	1999	2018	1997	2018	2018	2018
NQ	0,920	1,42	1,57	1,44	1,99	1,42	1,04	0,884	0,387	0,521	0,397	0,499	0,606	0,725
MNQ	3,49	5,13	5,78	5,56	5,42	4,27	2,60	2,07	1,82	1,68	1,79	2,35	3,46	5,09
MQ	10,9	16,9	18,4	14,7	14,8	9,21	5,36	4,18	4,25	4,08	4,35	6,23	10,7	17,0
MHQ	40,6	61,9	70,6	51,4	49,4	25,2	16,8	15,8	16,1	18,2	14,4	23,7	40,0	62,6
HQ	153	183	196	180	179	89,8	119	61,4	106	166	76,4	199	153	183
Jahr	2010	1986	1995	1980	1981	2006	1984	2007	1980	2007	1998	1998	2010	1986
Mh_N mm														
Mh_A mm	62	100	109	79	88	53	32	24	25	24	25	37	61	101

	Abflussjahr (*) 2018 Jahr	Datum	Winter	Sommer	Kalenderjahr 2018 Jahr	Datum
NQ m³/s	0,499	am 21.10.2018	2,67	0,499	0,499	am 21.10.2018
MQ m³/s	8,37		15,4	1,44	6,12	
HQ m³/s	89,5	am 04.01.2018 bei W= 296 cm	89,5	28,8	89,5	am 04.01.2018 bei W= 296 cm
Nq l/(s km²)	1,10		5,89	1,10	1,10	
Mq l/(s km²)	18,5		34,0	3,18	13,5	
Hq l/(s km²)	198		198	63,6	198	
h_N mm						
h_A mm	583		532	51	426	

	1973/2018 (*) 46 Jahre				1973/2018	
NQ m³/s	0,387	am 30.07.1999	0,920	0,387	0,387	am 30.07.1999
MNQ m³/s	1,16		2,51	1,20	1,20	
MQ m³/s	9,43		14,2	4,75	9,42	
MHQ m³/s	107		104	41,7	106	
HQ m³/s	199	am 28.10.1998 bei W= 420 cm	196	199	199	am 28.10.1998 bei W= 420 cm
HQ_y m³/s	82,3		79,0	18,9	82,3	
HQ_6 m³/s	159		149	58,6	159	
MNq l/(s km²)	2,56		5,54	2,65	2,65	
Mq l/(s km²)	20,8		31,3	10,5	20,8	
MHq l/(s km²)	236		230	92,0	234	
	1973/2018 (*) 46 Jahre				1973/2018	
Mh_N mm						
Mh_A mm	657		490	167	656	

Extremwerte

	Niedrigwasser m³/s	l/(s km²)	Datum	Hochwasser m³/s	l/(s km²)	cm	Datum
1	0,387	0,854	30.07.1999	199	439	420	28.10.1998
2	0,397	0,876	27.09.1997	196	433	418	23.01.1995
3	0,499	1,10	21.10.2018	193	426	306	20.01.1986
4	0,576	1,27	13.09.1991	183	404	398	30.12.1986
5	0,640	1,41	18.08.1983	179	395	296	10.03.1981
6	0,658	1,45	13.08.1995	166	366	396	22.08.2007
7	0,696	1,54	21.08.1989	161	355	392	30.01.1995
8	0,782	1,73	13.08.1990	160	353	288	07.02.1984
9	0,800	1,77	03.07.1976	159	351	391	31.12.1993
10	0,848	1,87	24.09.2016	153	338		14.11.2010

Dauertabelle

Unterschreitungsdauer in Tagen	Abflussjahr (*) 2018	Kalenderjahr 2018	1973/2018 46 Kalenderjahre Obere Hüllwerte	Mittlere Werte	Untere Hüllwerte
	Unterschrittene Abflüsse m³/s				
(365)					
364	80,5	80,5	167	83,0	33,5
363	72,1	72,1	150	70,9	30,1
362	55,5	55,5	145	63,8	29,8
361	50,4	50,4	107	59,0	27,2
360	44,0	42,7	101	54,7	24,4
359	42,7	42,2	77,4	51,1	21,5
358	42,2	39,9	74,4	47,6	20,6
357	41,2	38,1	70,4	44,8	20,5
356	39,9	31,0	69,1	43,1	20,3
350	35,9	26,6	58,9	34,6	18,1
340	27,9	21,5	45,2	27,0	15,6
330	23,5	17,7	38,1	22,2	11,8
320	21,1	14,6	32,4	19,0	9,76
300	16,7	9,83	24,9	14,7	6,28
270	10,7	7,42	17,9	10,8	5,10
240	8,29	4,50	14,2	8,28	4,07
210	4,98	3,25	11,4	6,43	3,12
183	3,33	2,27	10,4	5,16	2,17
150	2,23	1,41	8,90	4,10	1,41
130	1,81	1,03	7,30	3,58	1,03
120	1,41	0,904	7,05	3,32	0,904
110	1,11	0,804	6,69	3,08	0,804
100	0,980	0,770	6,22	2,84	0,770
90	0,854	0,732	5,74	2,63	0,732
80	0,764	0,710	5,37	2,43	0,710
70	0,710	0,693	4,97	2,24	0,693
60	0,658	0,639	4,47	2,04	0,639
50	0,616	0,615	4,11	1,84	0,615
40	0,601	0,601	3,94	1,68	0,601
30	0,572	0,572	3,79	1,50	0,572
25	0,563	0,563	3,67	1,40	0,563
20	0,560	0,560	3,59	1,30	0,560
15	0,555	0,555	3,51	1,18	0,555
10	0,538	0,538	3,33	1,05	0,538
9	0,537	0,537	3,29	1,02	0,537
8	0,536	0,536	3,27	0,975	0,536
7	0,535	0,535	3,20	0,940	0,535
6	0,529	0,529	3,08	0,902	0,529
5	0,524	0,524	3,04	0,848	0,524
4	0,524	0,524	2,82	0,787	0,524
3	0,521	0,521	2,64	0,718	0,477
2	0,520	0,520	2,58	0,642	0,466
1	0,505	0,505	2,49	0,578	0,429
0	0,499	0,499	2,48	0,387	0,387

(*) Abflussjahr: 1.11. des Vorjahres bis 31.10.

Einbau einer Meßschwelle Sept. 1991. PNP am 0807.1986 1,00 m tiefer gelegt.

Pegelnullpunkt am 01.11.2014 auf NHN umgestellt.

Ruhrverband

DGJ-Seite Pegel Bamenohl

Extremwerte

	Niedrigwasser m³/s	l/(s km²)	Datum	Hochwasser m³/s	l/(s km²)	cm	Datum
1	0,387	0,854	30.07.1999	199	439	420	28.10.1998
2	0,397	0,876	27.09.1997	196	433	418	23.01.1995
3	0,499	1,10	21.10.2018	193	426	306	20.01.1986
4	0,576	1,27	13.09.1991	183	404	398	30.12.1986
5	0,640	1,41	18.08.1983	179	395	296	10.03.1981
6	0,658	1,45	13.08.1995	166	366	396	22.08.2007
7	0,696	1,54	21.08.1989	161	355	392	30.01.1995
8	0,782	1,73	13.08.1990	160	353	288	07.02.1984
9	0,800	1,77	03.07.1976	159	351	391	31.12.1993
10	0,848	1,87	24.09.2016	153	338		14.11.2010

Ruhrverband
WISSEN, WERTE, WASSER

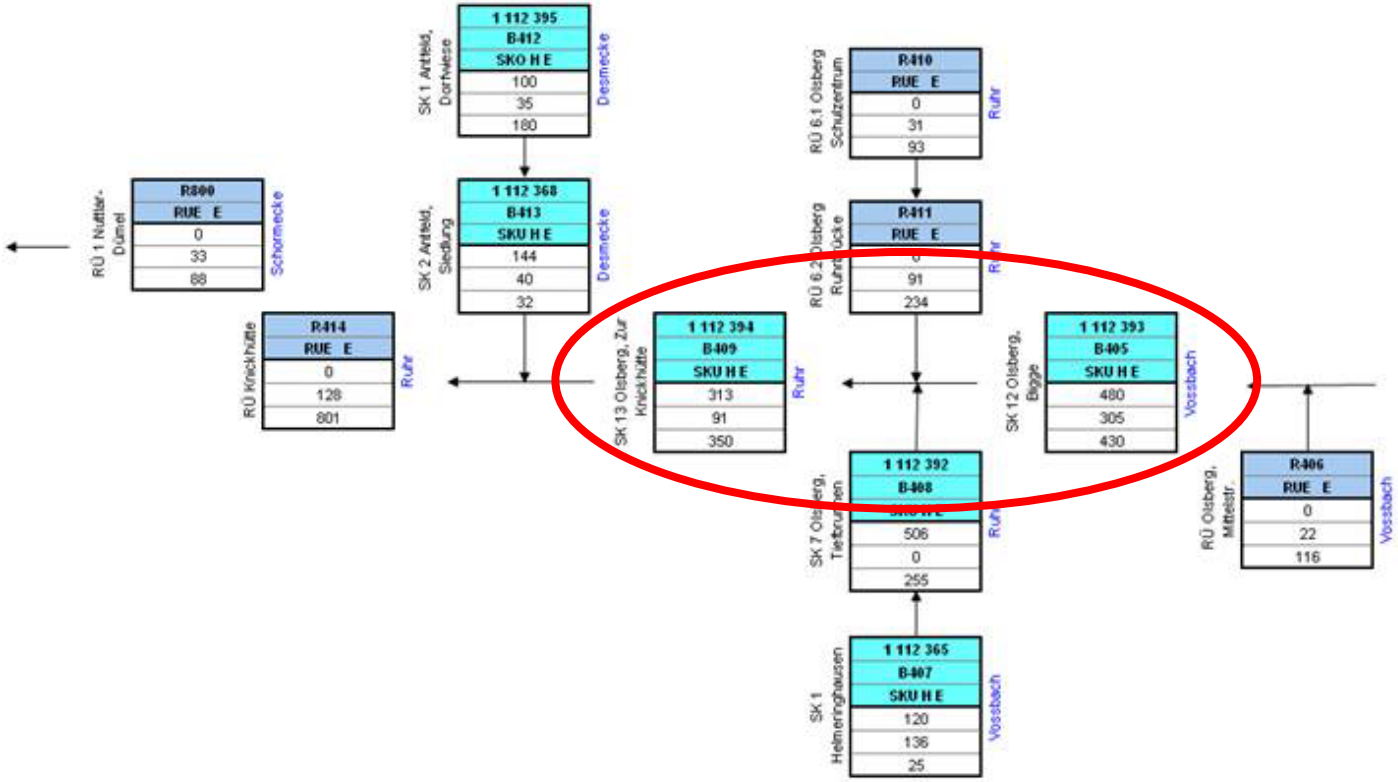
Planen in Unsicherheit

- **No regret- / Low regret-Maßnahmen**
- **Bewusstsein für statistische Unsicherheiten**
- **Optionen für das vermeintlich undenkbare Szenario**
- **Multifunktionale Maßnahmen präferieren**
- **Maßnahmen Dritter mit einbeziehen**

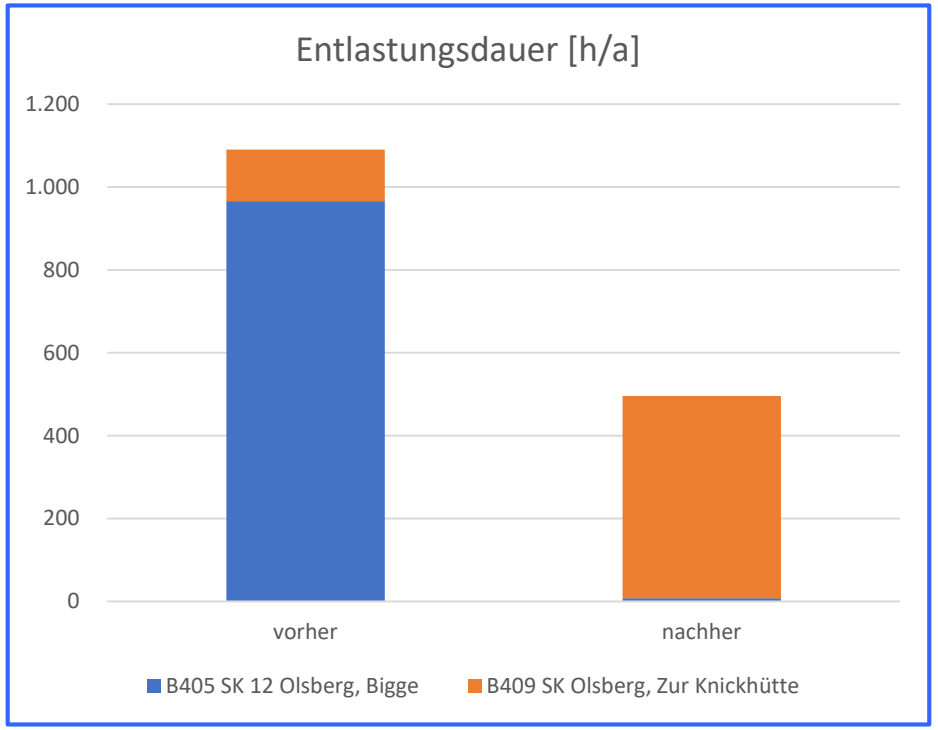
Ruhrverband
WISSEN, WERTE, WASSER

Systeme und Bauwerke

Schmutzfrachtberechnung / Integrale Entwässerungsplanung Kläranlage Bestwig-Velmede



Ausschnitt Verfahrensfließbild Kläranlageneinzugsgebiet



Entlastungsverhalten nach Optimierung im Hinblick auf Gewässersituation

Ruhrverband
WISSEN, WERTE, WASSER

Monitoring zur Zustandsbewertung der Gewässer

Chemisch-physikalische Untersuchung

Bestimmung von Indikatororganismen

Ruhrverband
WISSEN, WERTE, WASSER

Auswirkungen auf Gewässerbewertung

- **Temperatur**
- **Stoffumsätze**
- **Löslichkeit-/Dissoziationsgleichgewichte**
- **Sauerstoffhaushalt**
- **Physiologie und Verhalten von Organismen**
- **Habitatbedingungen (Artenverteilung, Biodiversität, Nahrungsnetze etc.)**

Ruhrverband
WISSEN, WERTE, WASSER

Kläranlagenbetrieb in Niedrigwasserzeiten

- **Intensiviertes Monitoring Kläranlagenablauf und Gewässer**
- **Optionen für verstärkte Nitrifikation (Rest-Ammonium/-Ammoniak)**
- **Optionen für vermehrte Spurenstoffelimination (Pulveraktivkohle-Dosierung)**

Ruhrverband
WISSEN, WERTE, WASSER

Schlussfolgerungen, Empfehlungen, Hinweise

- **Das vermeintlich Undenkbare denken**
- **Eigenvorsorge auf verschiedenen Ebenen**
- **Insgesamt viele Sektoren gefordert**
- **Wasser und Gewässer haben Schlüsselfunktion:**
  Infrastruktur, Naturschutz und Biodiversität, Stadt- und Landklima, Gesundheit, Stadt- und Landschaftsplanung, Freizeit/Erholung und Aufenthaltsqualität, Land- und Forstwirtschaft, Fischwirtschaft, Energiewirtschaft etc.

Danke für die Aufmerksamkeit

Kontakt, Rückfragen, Kritik, Hinweise:
Prof. Dr.-Ing. Thomas Grünebaum
Geschäftsbereich *Zentrale technische Abteilungen (ZA)*
Tel.: 0201/178-2300
E-Mail: tgr@ruhrverband.de