

Kooperation zwischen FGG Elbe und BfG

„Neue Hochwasserstatistik als Grundlage für modellbasierte Wasserspiegellagenberechnungen“

*Ergebnisse des Projekts „Homogenisierung der langen HQ-Reihen (1890 – 2013)
für deutsche Elbepegel“*



Projektbearbeitung:

Marcus Hatz, Jörg-Uwe Belz, Norbert Busch,
Maria Larina-Pooth (alle BfG), Pavel Balvín (T.G. Masaryk Water
Research Institute), Jakub Krejčí (Aqualogic Consulting)

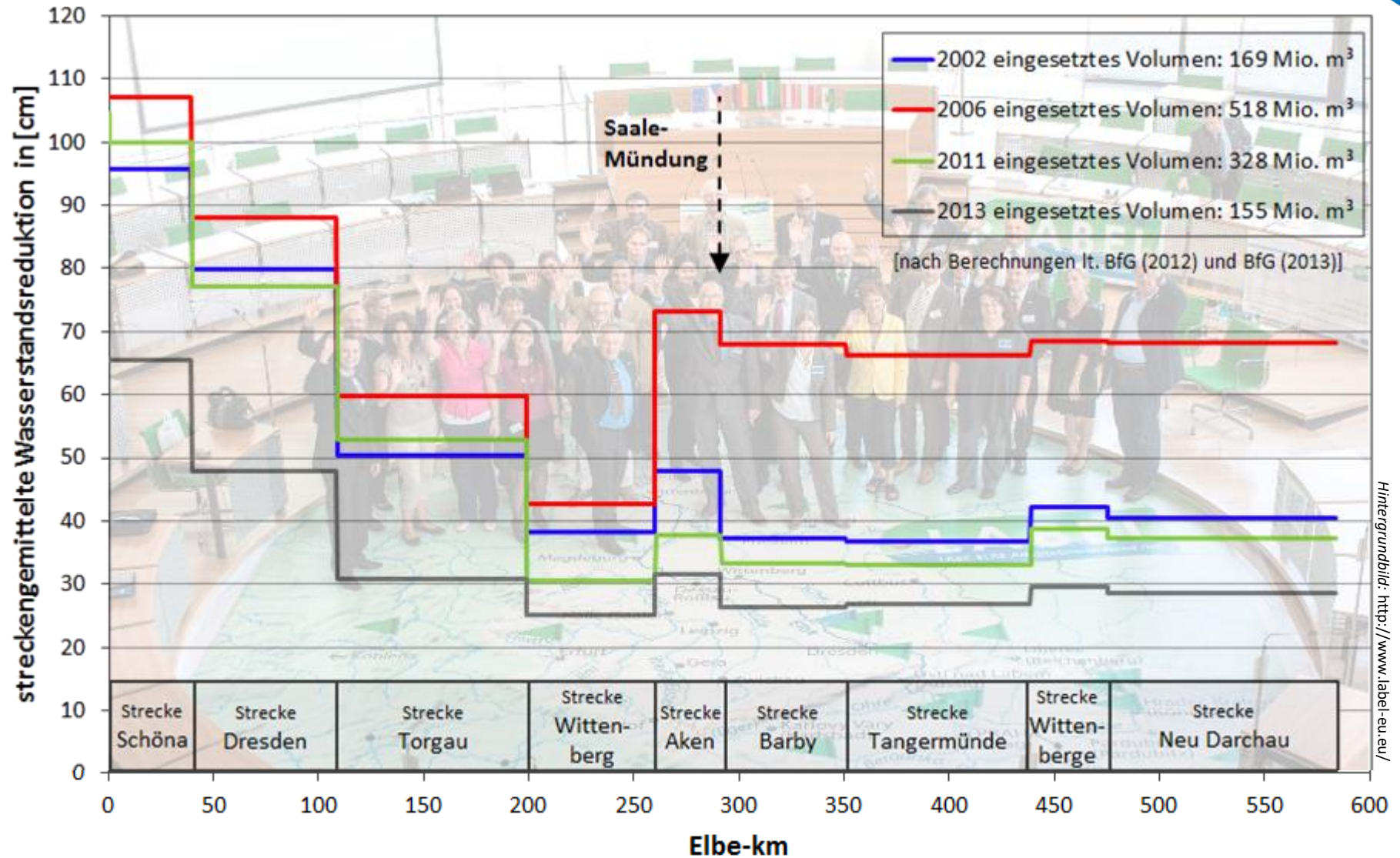
Projektbegleitung:

Deutsch-tschechische Expertengruppe der IKSE
unter der Leitung von Jörg-Uwe Belz



Bild: Talsperre Orlik an der Moldau (12.08.2015)

Hochwasserscheitelreduktionen durch Talsperren in Tschechien und Thüringen



Hintergrundbild: <http://www.label-eu.eu/>

Entwicklung des Hochwasserrückhalteraums in Talsperren im Elbegebiet

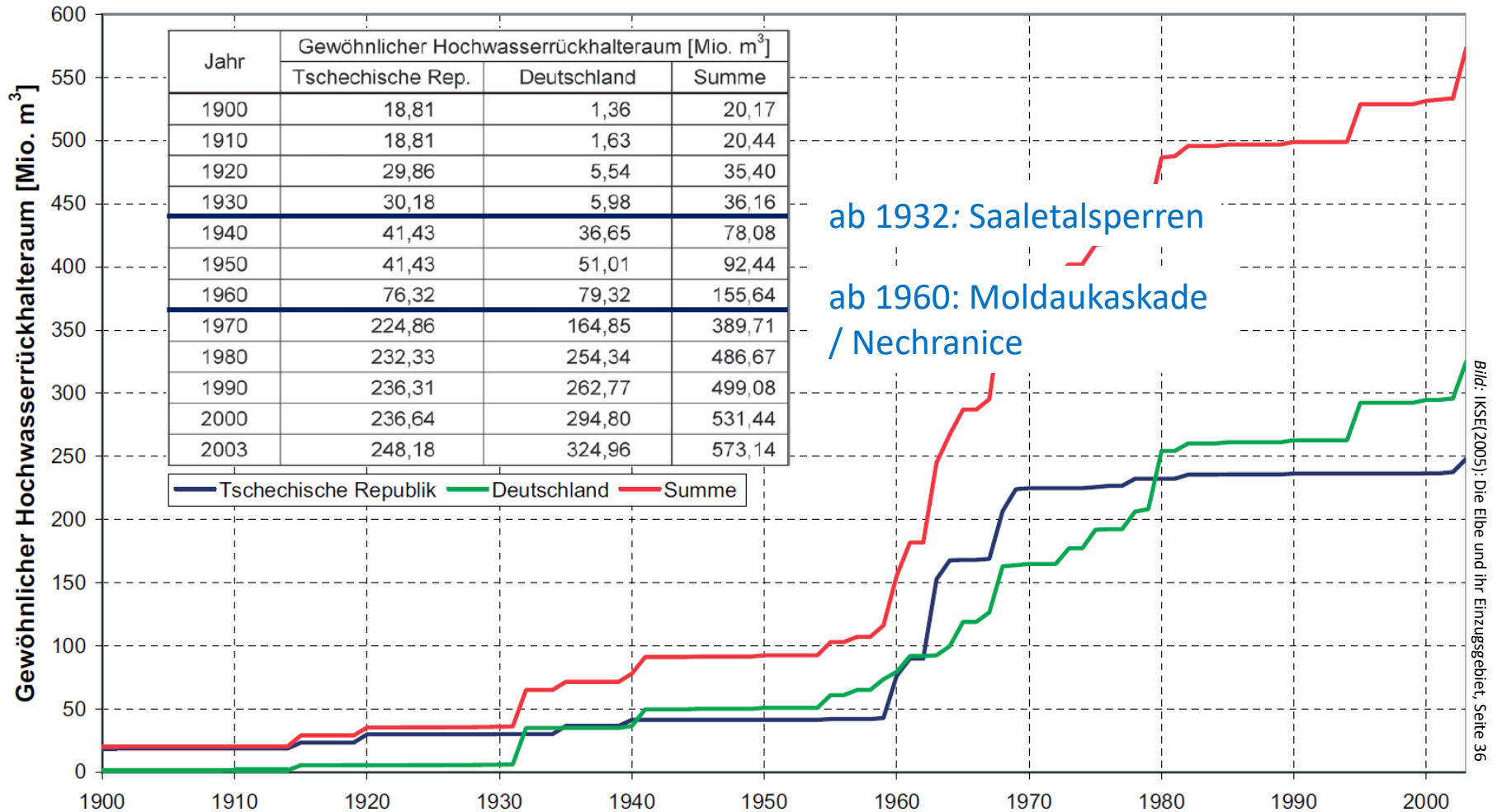
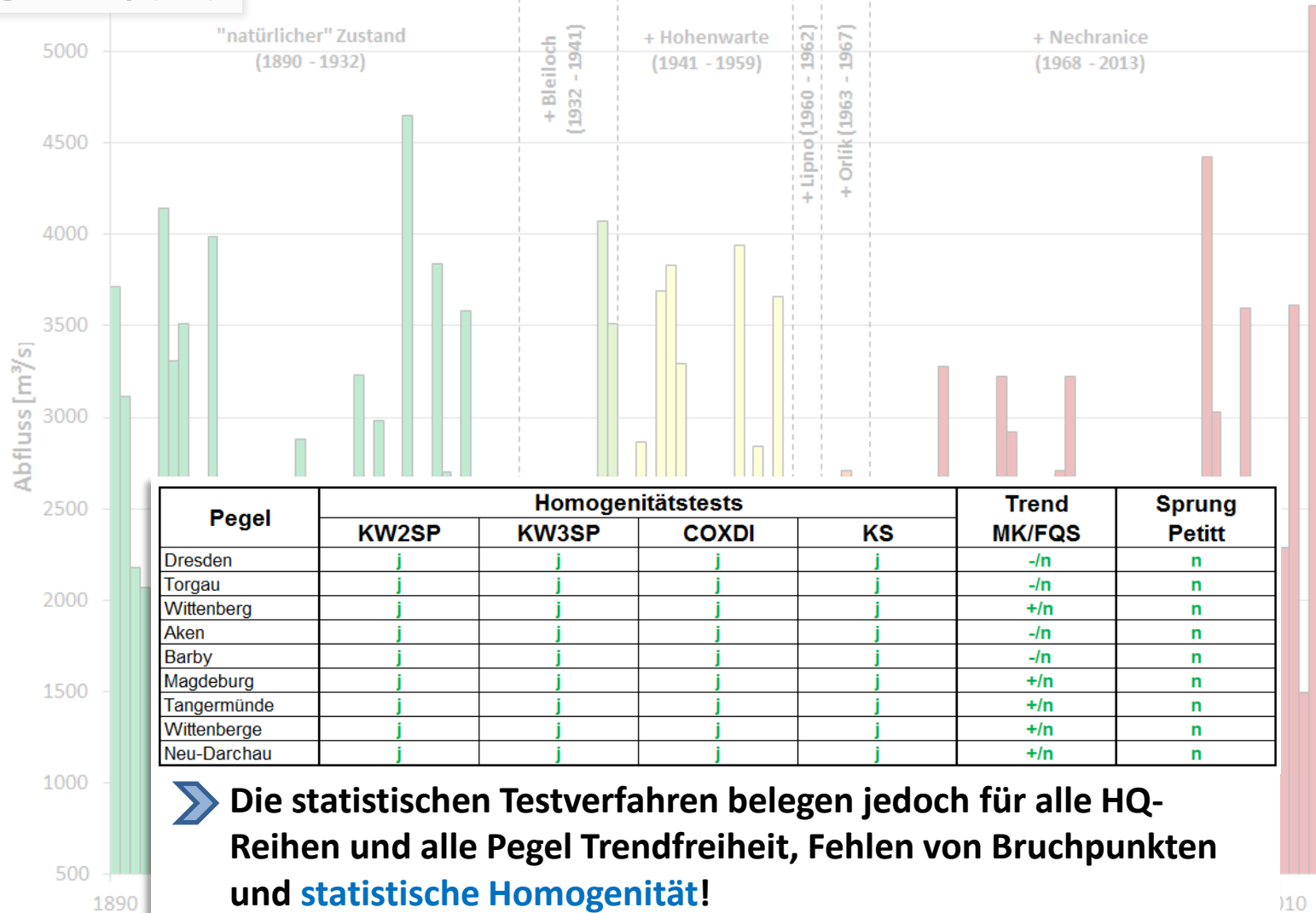


Bild: IKSE(2005): Die Elbe und ihr Einzugsgebiet, Seite 36

Physikalische Inhomogenität der langen HQ-Reihen (1890 – 2013) für Elbepegel

Pegel Barby (OD)



Exkurs: Homogenisierung der Pegelstatistik im Rheingebiet

- Arbeiten der Hochwasserstudienkommission (HSK, 1978) und der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (u.a- IKSR / BfG, 1999)

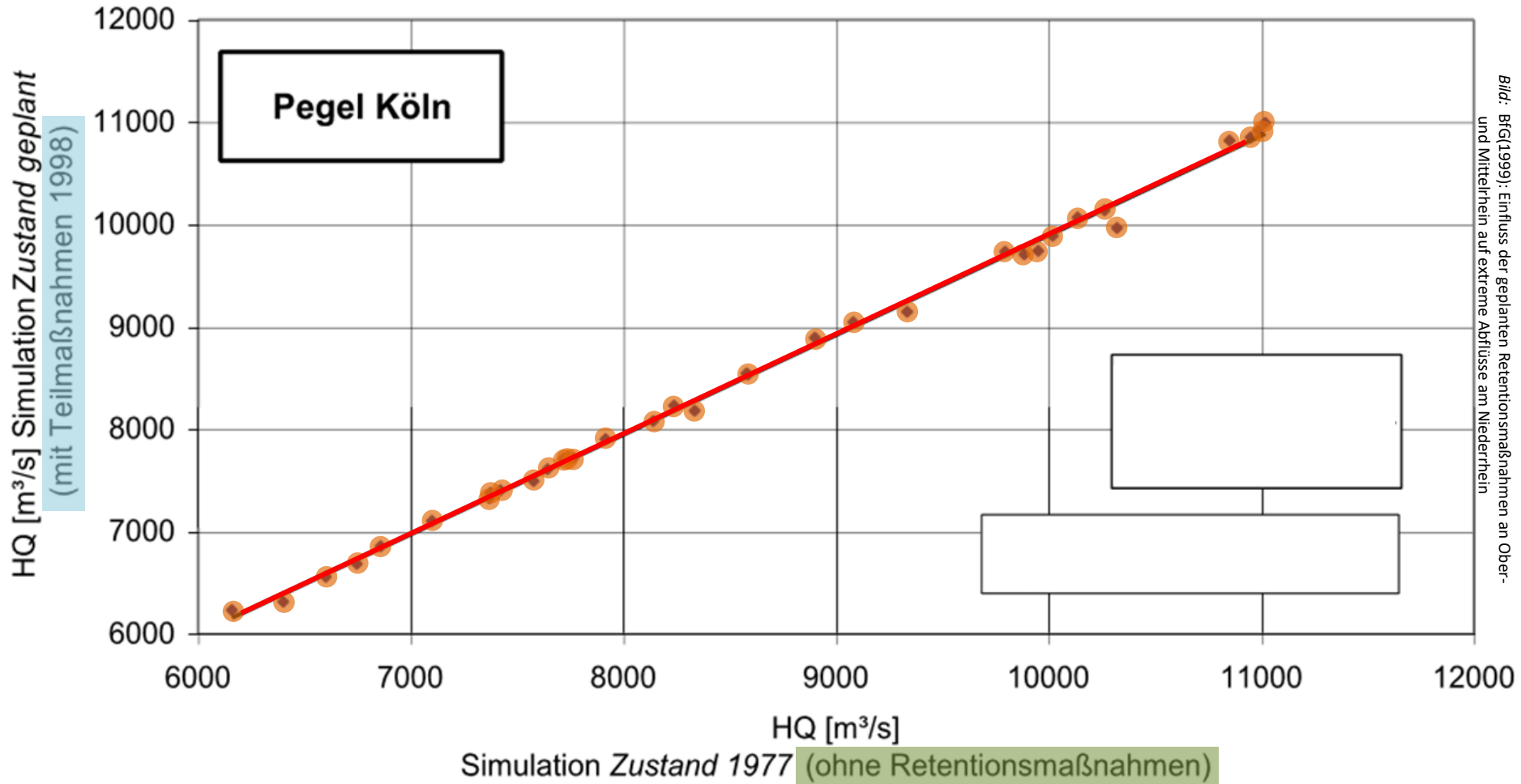
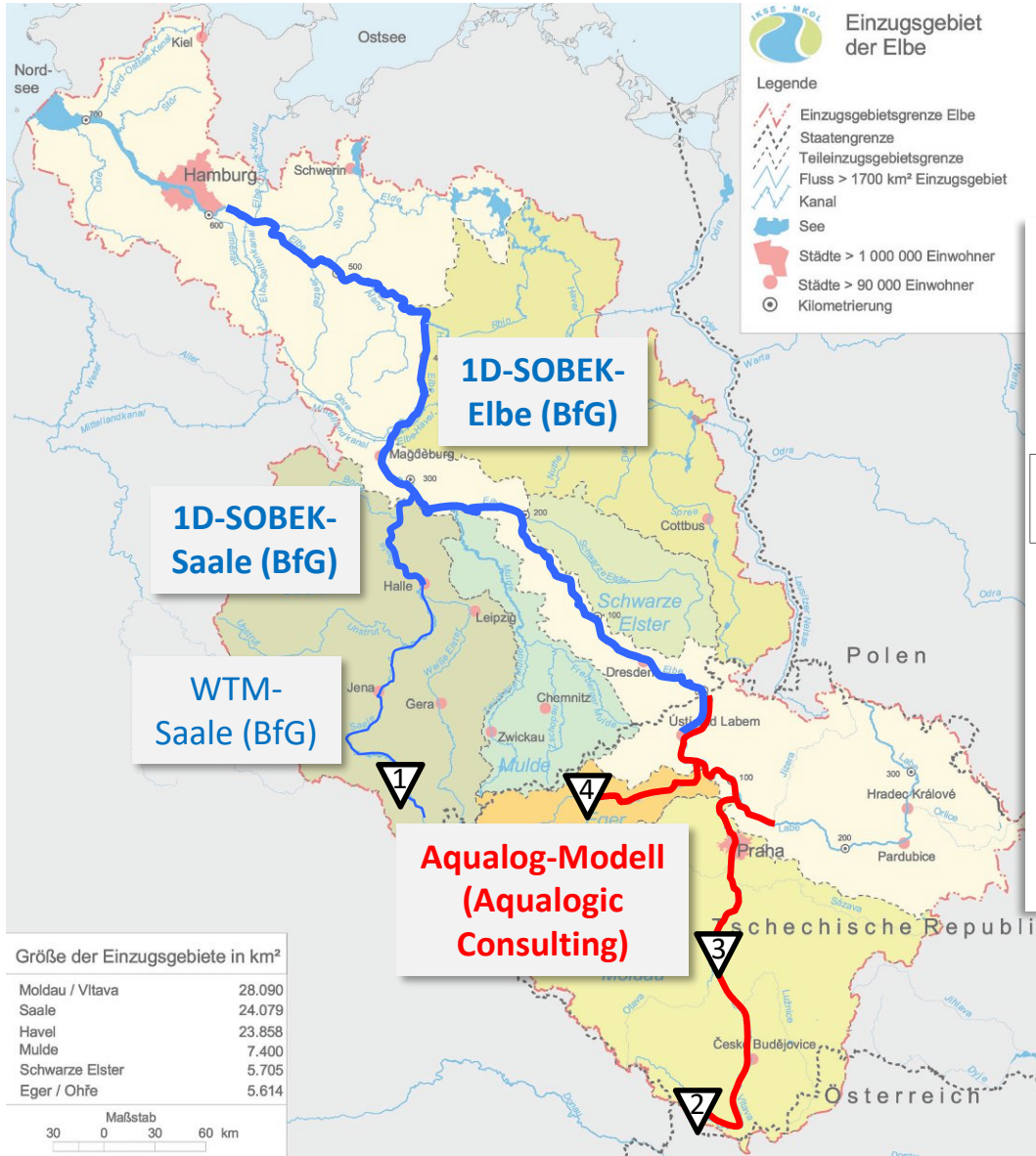
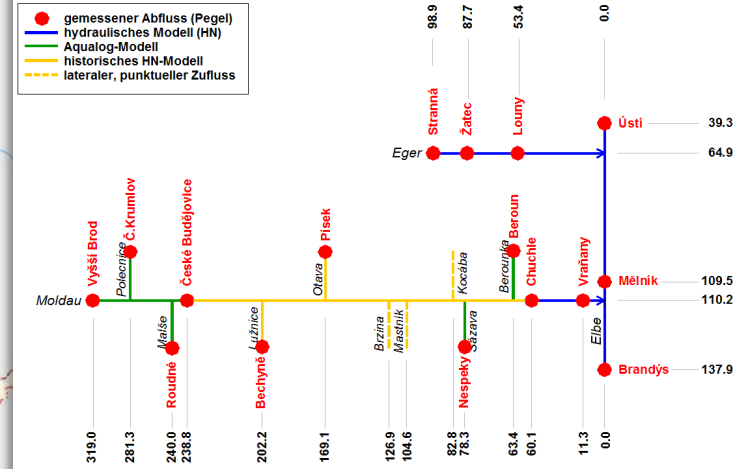


Bild: BfG(1999): Einfluss der geplanten Retentionsmaßnahmen an Ober- und Mittelrhein auf extreme Abflüsse am Niederrhein

Modellsysteme für die deutsche Elbe, die Saale und das tschechische Elbeinzugsgebiet

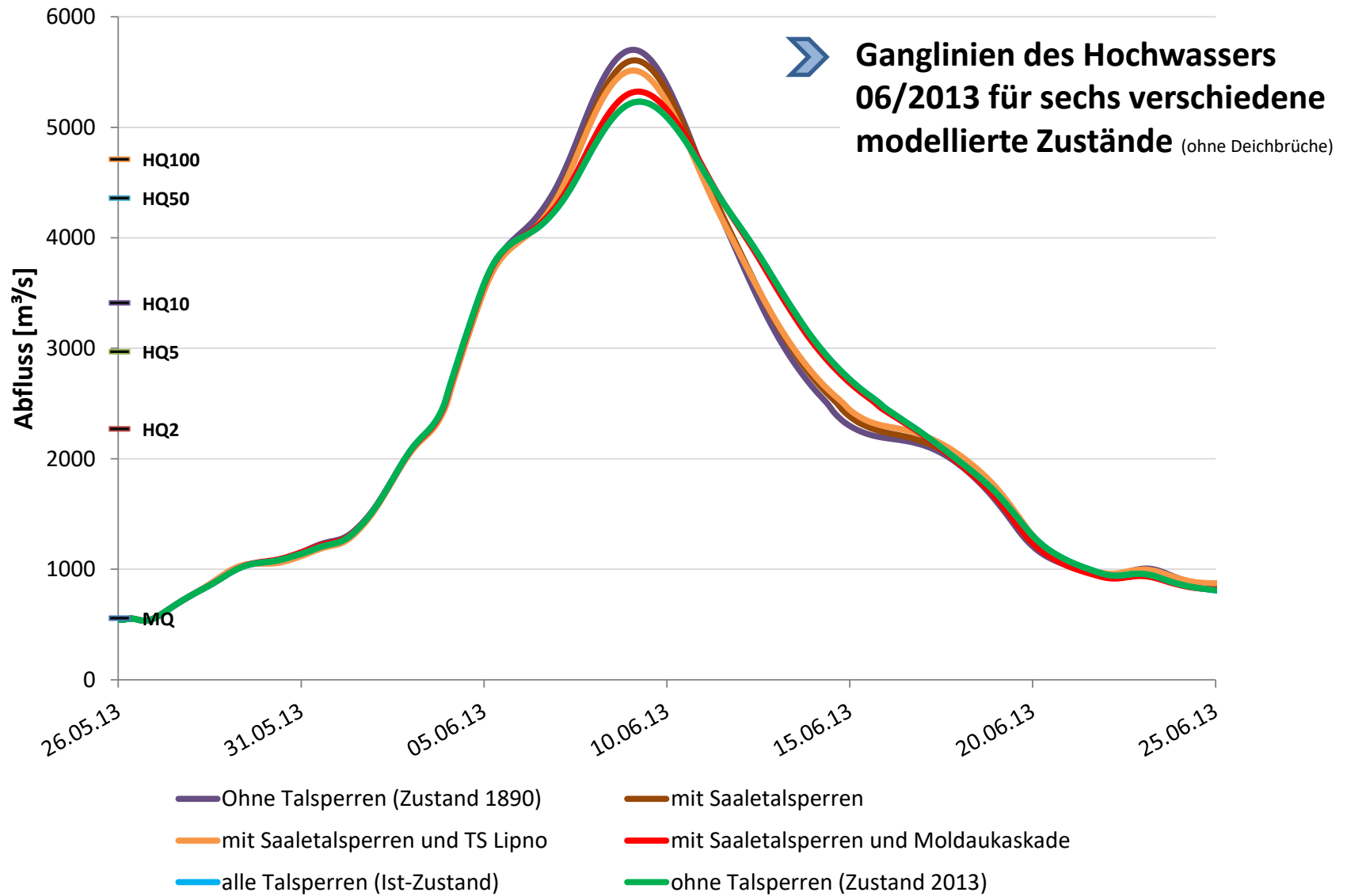


➤ inkl. zweier Modelle für die **Moldau: historischer Zustand (ohne Talsperren)** und im **heutigen Zustand (mit Talsperren)**



- ▽ **Talsperren:**
- 1: Bleilochtalsperre und Hohenwarte (Saale)
 - 2: Lipno (Moldau)
 - 3: Orlick (Moldau)
 - 4: Nechanice (Eger)

Simulationsergebnisse für das Hochwasser 2013 (Pegel Barby)

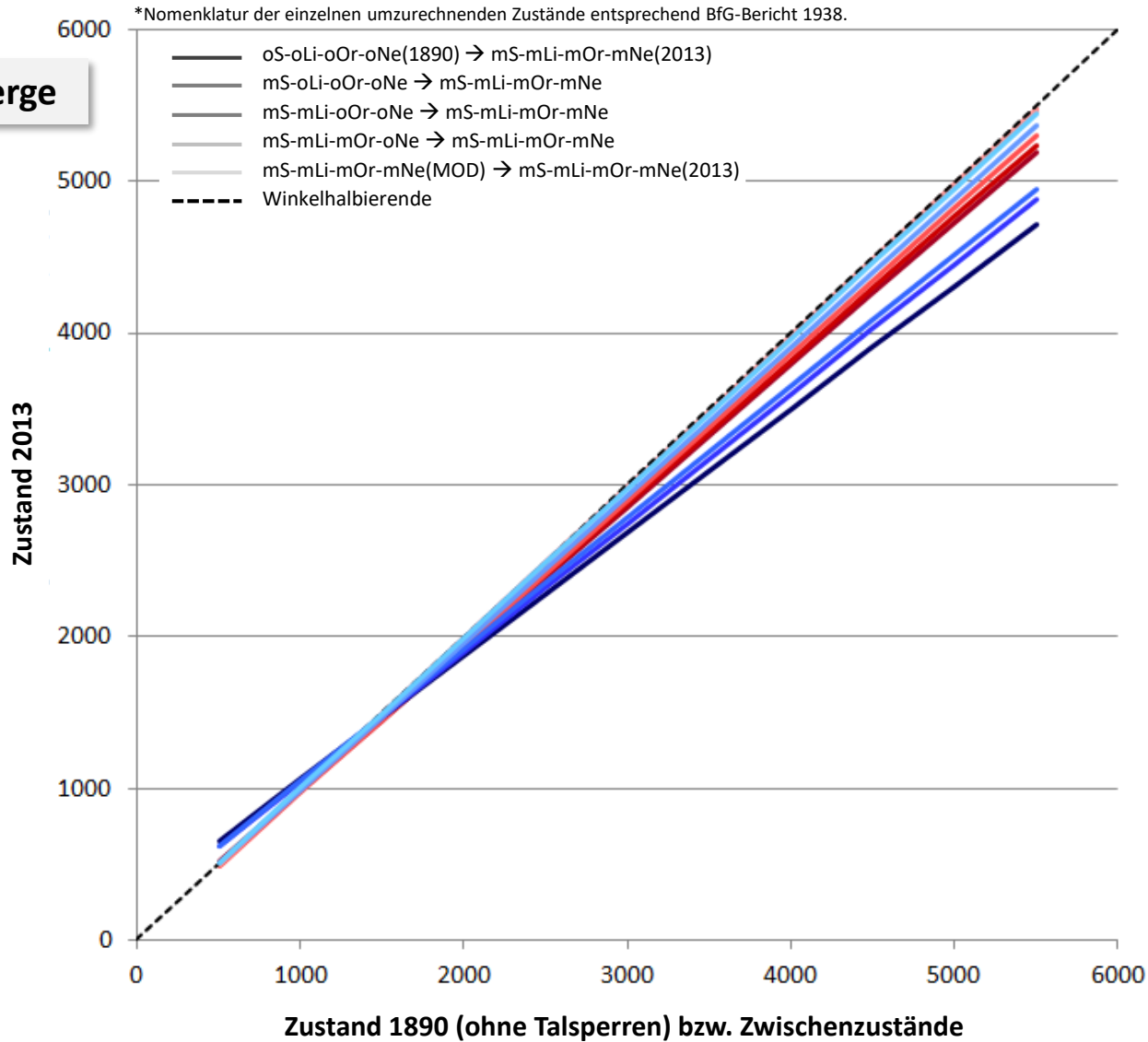


Eigenschaften der zur Homogenisierung ermittelten Transformationsfunktionen

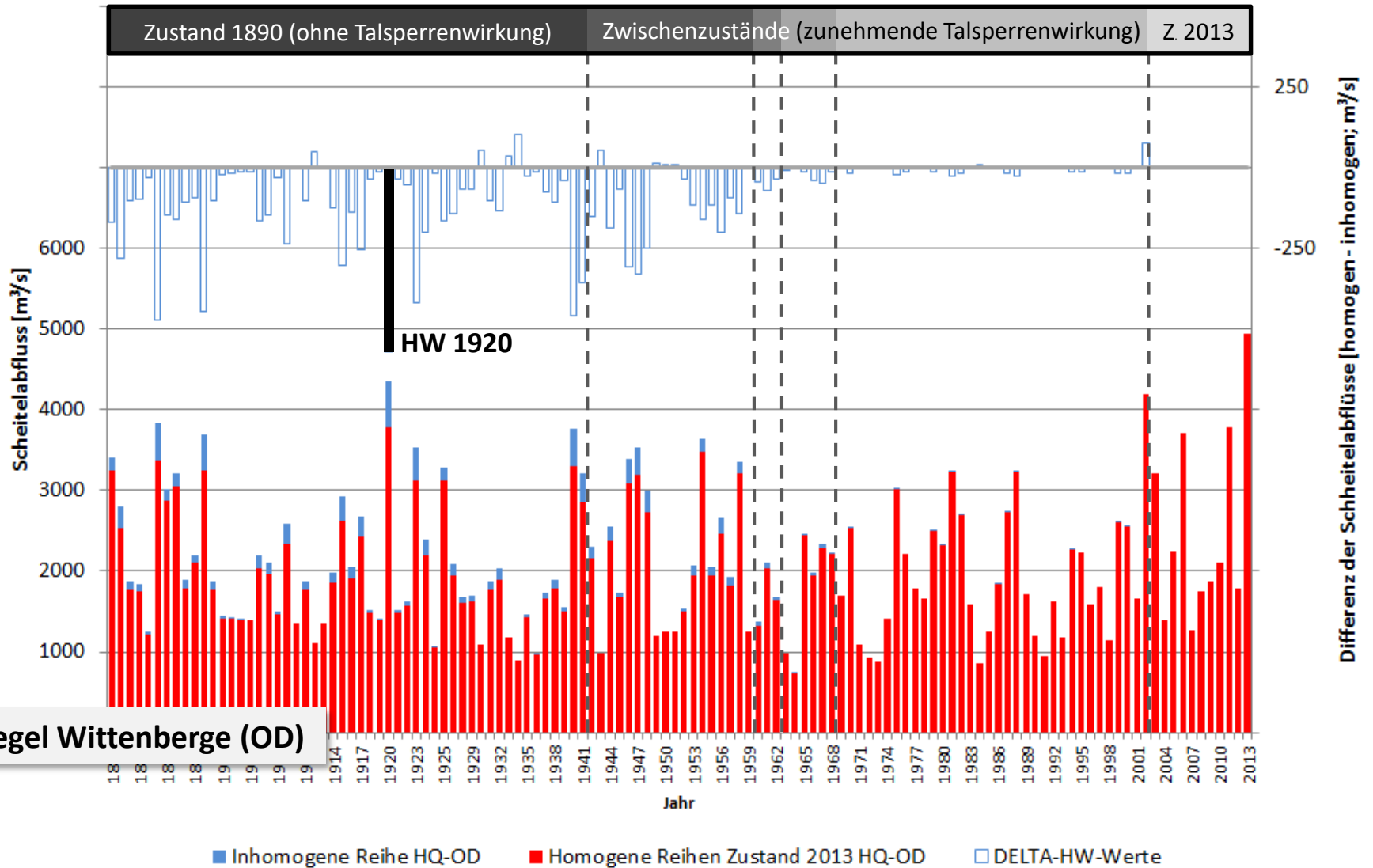
Pegel Wittenberge

Sommer-
ereignisse

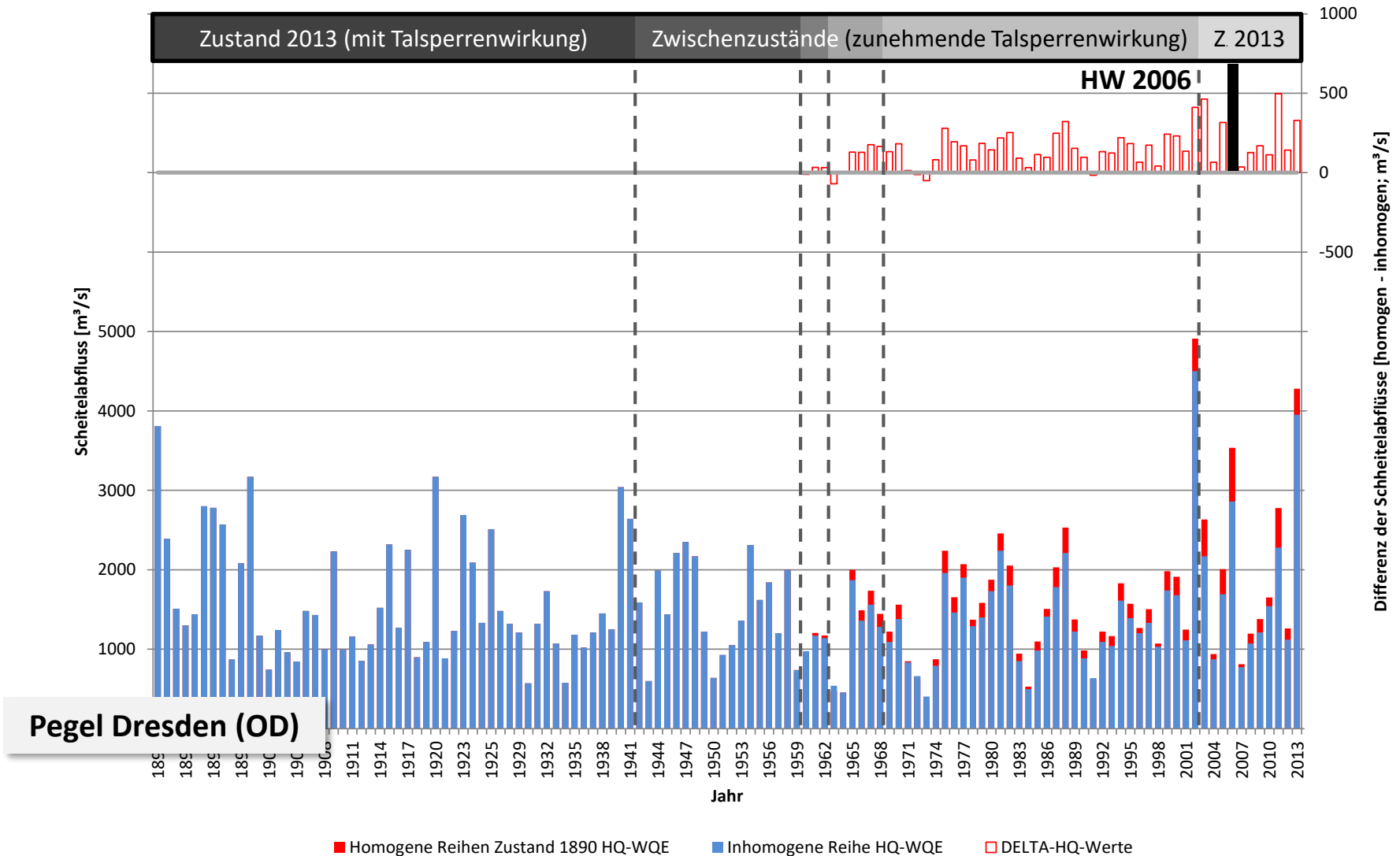
Winter-
ereignisse



Ergebnis: Homogene HQ-Reihe im Zustand „2013“ (mit Wirkung der Talsperren)

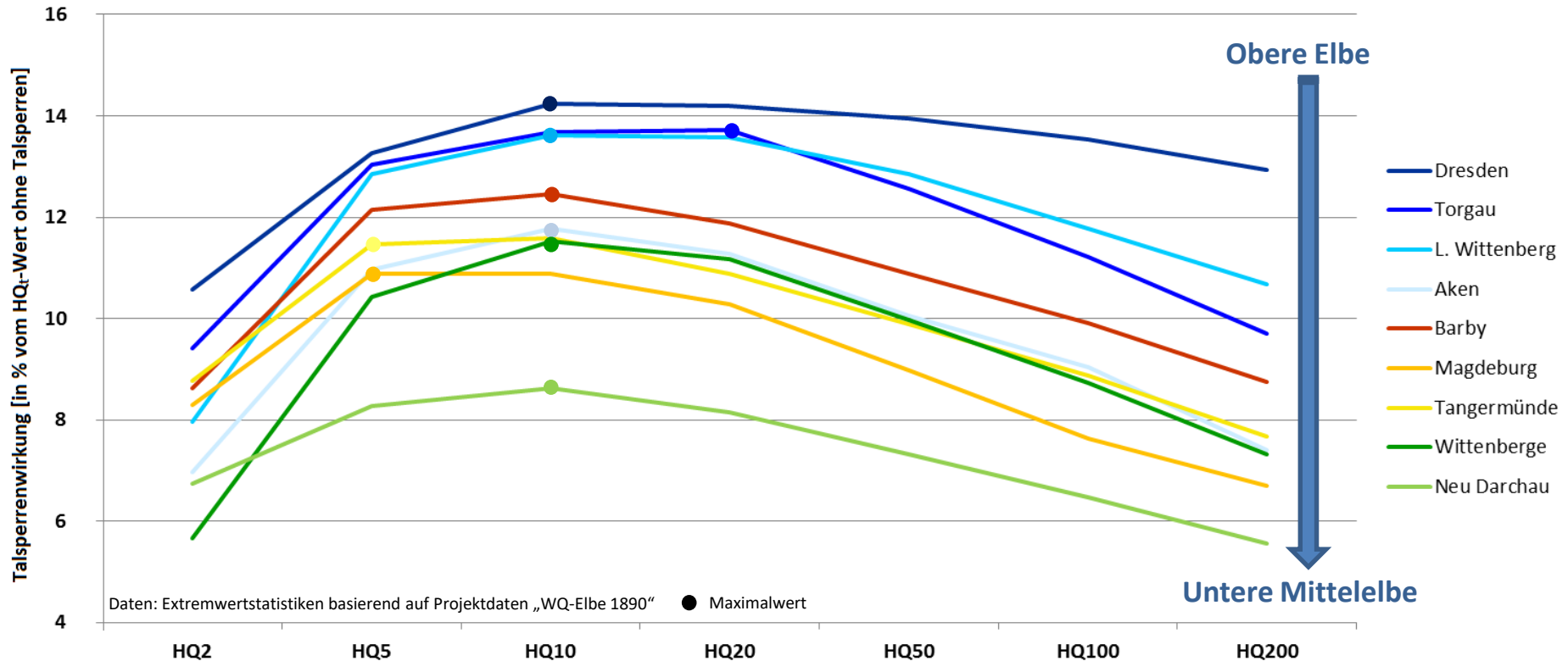


Ergebnis: Homogene HQ-Reihe im Zustand „1890“ (ohne Wirkung der Talsperren)



Relative Wirkung der Talsperren für neun Pegel entlang der Elbe

- Vergleich der HQ_T -Werte der homogenen Extremwertstatistiken „1890“ und „2013“
- relative Werte: in % von HQ_T -Wert ohne Talsperren (Zustand 1890)



Die Talsperren entfalten ihre größte relative Wirkung bei Hochwasserereignissen um HQ_{5-20} . Sie nimmt entlang der Elbe von Dresden (> 14% bei HQ_{10}) nach Neu Darchau (> 8% bei HQ_{10}) ab.

Ergebnisse der statistischen Berechnungen am Beispiel des HQ₁₀₀-Abfluss

Homogene Reihe Zustand 1890 – „OD“

Inhomogene Reihe – „OD“

Homogene Reihe Zustand 2013 – „OD“

Pegel	Verteilungs- funktion/ Anpassungs- methode	Wiederkehrintervalle (homogenisierte Reihe, Zustand 1890, offizielle Daten)							Pegel	Verteilungs- funktion/ Anpassungs- methode	Wiederkehrintervalle (inhomogene Reihe, offizielle Daten)							Pegel	Verteilungs- funktion/ Anpassungs- methode	Wiederkehrintervalle (homogenisierte Reihe, Zustand 2013, offizielle Daten)						
		HQ ₂	HQ ₅	HQ ₁₀	HQ ₂₀	HQ ₅₀	HQ ₁₀₀	HQ ₂₀₀			HQ ₂	HQ ₅	HQ ₁₀	HQ ₂₀	HQ ₅₀	HQ ₁₀₀	HQ ₂₀₀			HQ ₂	HQ ₅	HQ ₁₀	HQ ₂₀	HQ ₅₀	HQ ₁₀₀	HQ ₂₀₀
		0,5	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99	0,995			0,5	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99	0,995			0,5	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99	0,995
Dresden	AE/WGM	1350	1940	2350	2780	3370	3860	4380	unterer Hüllwert	1290	1850	2240	2640	3210	3680	4180	unterer Hüllwert	1210	1670	1990	2330	2830	3250	3700		
		HQ-Wert	1470	2160	2670	3190	3930	4530	5180	HQ-Wert	1410	2060	2540	3030	3740	4310	4930	HQ-Wert	1310	1870	2290	2740	3390	3940	4560	
		oberer Hüllwert	1590	2390	2980	3610	4490	5210	5880	oberer Hüllwert	1530	2270	2830	3420	4260	4950	5690	oberer Hüllwert	1410	2070	2590	3150	3860	4640	5390	
Torgau	LN3/WGM	1290	1910	2340	2780	3390	3870	4370	unterer Hüllwert	1250	1820	2230	2630	3190	3630	4090	unterer Hüllwert	1190	1650	1990	2340	2860	3290	3770		
		HQ-Wert	1410	2130	2660	3190	3840	4530	5160	HQ-Wert	1370	2040	2530	3020	3700	4240	4810	HQ-Wert	1280	1850	2280	2740	3410	3970	4590	
		oberer Hüllwert	1540	2360	2970	3610	4490	5190	5930	oberer Hüllwert	1480	2260	2890	3410	4220	4860	5530	oberer Hüllwert	1290	1860	2300	2740	3400	4050	4710	
Wittenberg	P3/A	180	3930	4370	370	5890	6390	320	4560	6090	3310	3750	4170	3830	4350	4870	3340	3950	4480	3950	4480	3340	3770	3950	4480	
Aken	WB3	360	5190	5620	340	4350	4740	390	4870	5320	4230	4670	5110	4660	5100	5510	4320	4900	5410	4320	4900	4320	4900	4320	4900	
Barby	WB3	370	5890	6390	300	4640	5060	300	4640	5060	3790	4190	4570	4460	4900	5290	3990	4580	5280	3990	4580	3990	4580	3990	4580	
Magdeburg	WB3	700	5210	5700	700	5210	5700	700	5210	5700	4480	4930	5390	4480	4930	5390	4910	5450	5980	4910	5450	5980	4910	5450	5980	
Tangermünde	WB3/MM	160	4570	4960	160	4570	4960	160	4570	4960	3970	4370	4740	3970	4370	4740	3970	4370	4740	3970	4370	4740	3970	4370	4740	
		HQ-Wert	1840	2820	3440	4000	4680	5150	5610	HQ-Wert	1770	2700	3280	3820	4470	4930	5370	HQ-Wert	1740	2510	3020	3510	4130	4610	5080	
		oberer Hüllwert	2000	3090	3790	4420	5190	5740	6250	oberer Hüllwert	1920	2950	3620	4230	4970	5500	6000	oberer Hüllwert	1680	2740	3320	3880	4600	5150	5700	
		unterer Hüllwert	1820	2850	3150	3590	4120	4490	4840	unterer Hüllwert	1770	2550	3020	3440	3940	4290	4620	unterer Hüllwert	1720	2410	2840	3240	3730	4090	4440	
Wittenberge	WB3/WGM	1970	2880	3440	3840	4550	4970	5380	HQ-Wert	1910	2770	3300	3770	4350	4750	5130	HQ-Wert	1850	2610	3110	3570	4140	4560	4960		
		oberer Hüllwert	2120	3110	3740	4300	4980	5460	5910	oberer Hüllwert	2060	2980	3560	4110	4760	5210	5640	oberer Hüllwert	1990	2820	3380	3900	4550	5030	5490	
Neu Darchau	WB3/WGM	1780	2570	3060	3500	4030	4400	4750	unterer Hüllwert	1730	2480	2940	3350	3850	4200	4540	unterer Hüllwert	1690	2340	2760	3160	3650	4010	4360		
		HQ-Wert	1920	2800	3350	3850	4450	4880	5280	HQ-Wert	1870	2690	3210	3680	4250	4650	5040	HQ-Wert	1810	2540	3020	3480	4050	4470	4880	
		oberer Hüllwert	2070	3020	3640	4190	4880	5360	5820	oberer Hüllwert	2000	2900	3480	4000	4650	5100	5540	oberer Hüllwert	1930	2740	3280	3800	4450	4930	5390	

ohne Talsperren

Wittenberge:
4970 m³/s

-230 m³/s

inhomogen
Wittenberge:
4750 m³/s

-190 m³/s

mit Talsperren

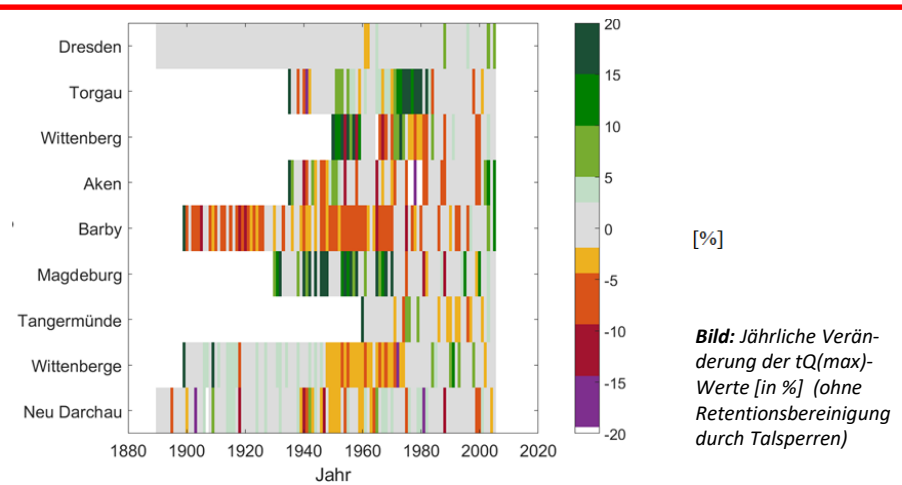
Wittenberge:
4560 m³/s



BfG-Projekt „W-Q-Elbe 1890“

Ziel: ...die Konsolidierung eines soliden Datenfundaments für hydrologisches Arbeiten und darauf aufbauendes Verwaltungshandeln an der deutschen Elbe.

Output: verbesserte, aber weiterhin inhomogene HQ-Reihen!



Ergebnisse der statistischen Berechnungen am Beispiel des HQ₁₀₀-Abfluss

Homogene Reihe Zustand 1890 – „OD“

Inhomogene Reihe – „OD“

Homogene Reihe Zustand 2013 – „OD“

Pegel	Verteilungsfunktion-/Anpassungsmethode	Wiederkehrintervalle (homogenisierte Reihe, Zustand 1890, offizielle Daten)							Pegel	Verteilungsfunktion-/Anpassungsmethode	Wiederkehrintervalle (inhomogene Reihe, offizielle Daten)							Pegel	Verteilungsfunktion-/Anpassungsmethode	Wiederkehrintervalle (homogenisierte Reihe, Zustand 2013, offizielle Daten)						
		HQ ₂	HQ ₅	HQ ₁₀	HQ ₂₀	HQ ₅₀	HQ ₁₀₀	HQ ₂₀₀			HQ ₂	HQ ₅	HQ ₁₀	HQ ₂₀	HQ ₅₀	HQ ₁₀₀	HQ ₂₀₀			HQ ₂	HQ ₅	HQ ₁₀	HQ ₂₀	HQ ₅₀	HQ ₁₀₀	HQ ₂₀₀
		[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]			[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]			[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
Dresden	AE/WGM	1350	1940	2350	2780	3370	3860	4380	Dresden	AE/MLM	1290	1850	2240	2640	3210	3680	4180	Dresden	AE/WGM	1210	1670	1990	2330	2830	3250	3700
Torgau	LN3/WGM	1470	2160	2670	3190	3930	4560	5180	Torgau	LN3/MLM	1410	2060	2540	3030	3740	4310	4930	Torgau	AE/MLM	1410	1870	2290	2740	3390	3940	4560
Wittenberg	P3/A	1590	2290	2980	3610	4490	5210	5980	Wittenberg	P3/WGM	1530	2270	2830	3420	4260	4950	5650	Wittenberg	LN3/MLM	1410	2070	2590	3150	3960	4640	5390
Aken	WB3	1290	1910	2340	2780	3390	3970	4370	Aken	WB3/WGM	1250	1830	2230	2630	3190	3690	4090	Aken	WB3/WGM	1190	1650	1990	2340	2860	3290	3770
Barby	WB3	1410	2130	2660	3190	3940	4530	5150	Barby	WB3/MLM	1370	2040	2530	3020	3700	4240	4810	Barby	WB3/WGM	1280	1850	2280	2740	3410	3970	4590
Magdeburg	WB3	1540	2360	2970	3610	4490	5190	5930	Magdeburg	WB3/WGM	1480	2250	2890	3410	4220	4860	5530	Magdeburg	P3/WGM	1420	1980	2410	2840	3490	4040	4610
Tangermünde	WB3/MM	180	3930	4370	4900	5740	6580	7420	Tangermünde	WB3/MM	1770	2700	3280	3820	4470	4930	5370	Tangermünde	LN3/MM	1740	2510	3020	3510	4130	4610	5080
Wittenberge	WB3/WGM	360	5190	5820	6600	7600	8600	9600	Wittenberge	WB3/WGM	3020	3440	3940	4290	4820	5260	5700	Wittenberge	P3/WGM	1720	2510	3030	3580	4070	4540	5000
Neu Darchau	WB3/WGM	340	4350	4740	5300	6000	6700	7400	Neu Darchau	WB3/WGM	1910	3500	4170	4760	5210	5640	6060	Neu Darchau	P3/MLM	1890	2760	3160	3650	4010	4360	4700

ohne Talsperren
Wittenberge:
4970 m³/s

inhomogen
Wittenberge:
4750 m³/s

mit Talsperren
Wittenberge:
4560 m³/s

-270 m³/s

-210 m³/s

-270 m³/s

Pegel	Verteilungsfunktion-/Anpassungsmethode	Wiederkehrintervalle (homogenisierte Reihe, Zustand 1890, Projektdaten WQE)							Pegel	Verteilungsfunktion-/Anpassungsmethode	Wiederkehrintervalle (inhomogene Reihe, Projektdaten WQE)							Pegel	Verteilungsfunktion-/Anpassungsmethode	Wiederkehrintervalle (homogenisierte Reihe, Zustand 2013, Projektdaten WQE)						
		HQ ₂	HQ ₅	HQ ₁₀	HQ ₂₀	HQ ₅₀	HQ ₁₀₀	HQ ₂₀₀			HQ ₂	HQ ₅	HQ ₁₀	HQ ₂₀	HQ ₅₀	HQ ₁₀₀	HQ ₂₀₀			HQ ₂	HQ ₅	HQ ₁₀	HQ ₂₀	HQ ₅₀	HQ ₁₀₀	HQ ₂₀₀
		[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]			[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]			[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
Dresden	AE/WGM	1190	1890	2300	2710	3270	3730	4200	Dresden	LN3/WGM	1240	2200	2590	3120	3540	3970	4400	Dresden	AE/WGM	1180	1650	1950	2270	2740	3120	3530
Torgau	LN	1420	2110	2600	3100	3800	4360	4950	Torgau	LN3/WGM	1200	1750	2140	2540	3090	3520	3980	Torgau	AE/WGM	1150	1600	1920	2250	2730	3170	3570
Wittenberg	P3	1540	2220	2900	3490	4320	4990	5690	Wittenberg	P3/WGM	1470	2220	2770	3320	4080	4680	5310	Wittenberg	LN3/MLM	1370	2020	2520	3050	3860	4410	5080
Aken	P3	1280	1850	2280	2660	3210	3850	4100	Aken	WB3/WGM	1200	1750	2140	2540	3090	3520	3980	Aken	WB3/WGM	1150	1600	1920	2250	2730	3170	3570
Barby	P	3740	4280	4840	5420	6090	6760	7440	Barby	WB3/WGM	3590	4120	4690	5260	5830	6400	6970	Barby	E1/MLM	370	4460	5180	5900	6620	7340	8060
Magdeburg	WB3/MM	4270	4910	5580	6260	6940	7620	8300	Magdeburg	WB3/WGM	4090	4720	5400	6080	6760	7440	8120	Magdeburg	P3/WGM	400	2940	3260	3580	4100	4420	4740
Tangermünde	WB3/MLM	3090	3430	3760	4100	4440	4780	5120	Tangermünde	WB3/MM	2960	3290	3620	3950	4280	4610	4940	Tangermünde	P3/MM	290	2940	3260	3580	4100	4420	4740
Wittenberge	WB3/WGM	3580	3990	4400	4810	5220	5630	6040	Wittenberge	P3/WGM	3410	3800	4190	4580	4970	5360	5750	Wittenberge	E1/MLM	320	3820	4210	4600	4990	5380	5770
Neu Darchau	AE/MM	4070	4560	5040	5530	6020	6510	7000	Neu Darchau	LN3/WGM	3370	3760	4150	4540	4930	5320	5710	Neu Darchau	E1/WGM	330	3990	4380	4770	5160	5550	5940

ohne Talsperren
Wittenberge:
4700 m³/s

inhomogen
Wittenberge:
4540 m³/s

mit Talsperren
Wittenberge:
4290 m³/s

Homogene Reihe Zustand 1890 – „WQE“

Inhomogene Reihe – „WQE“

Homogene Reihe Zustand 2013 – „WQE“

Und nun? Fragen zum Umgang mit den Ergebnissen

➤ Expertengespräch „Bemessungsgrundlagen für den Hochwasserschutz an der Elbe“ (14./15.3.2018 in Magdeburg)

- Verwendung „offizieller Daten“ oder der Projektdaten „WQ-Elbe 1890“?
- Neufestlegung der BHQ-Werte notwendig?
- Trennung von hydrologischen Grundlagen und wasserwirtschaftlichen Festlegungen?
- Erkenntnisse aus dem Homogenisierungsprojekt für die zukünftige Bemessungspraxis?
- Abstimmung im internationalen Elbeeinzugsgebiet?
- Neuberechnung der ÜSG für Hochwasserrisiko-management-Richtlinie?
- Ermittelte Talsperrenwirkung als fachlich-hydrologisch begründeten Klimazuschlag nutzen?



➤ Auf Grundlage des Expertengesprächs erfolgte bis Ende 2018 in der FGG Elbe die Erarbeitung von Beschlussvorschlägen für den Elberat!

Festlegungen zum Umgang mit den Ergebnissen des Projekts

➤ 10 Beschlüsse des Elberats (31. Sitzung, 02.11.2018), u.a.:

Pegel	HQ ₂	HQ ₅	HQ ₁₀	HQ ₂₀	HQ ₅₀	HQ ₁₀₀	HQ ₂₀₀	BHQ
Abfluss [m ³ /s]	<i>Zustand 1890 (Zustand ohne Wirkung der Talsperren auf Grundlage der Datenbasis „WQE“)</i>							<i>Orientierungswert der Länder bei Schutzziel HQ₁₀₀</i>
Dresden	1610	2180	2600	3100	3800	4360	4950	4370
Torgau	1570	2140	2560	3060	3740	4280	4840	4280
Barby	2240	2970	3450	3960	4590	5050	5480	4920
Magdeburg	2210	2940	3400	3890	4460	4850	5230	4870
Tangermünde	2220	2950	3420	3900	4470	4860	5230	4770
Wittenberge	2190	2860	3300	3760	4310	4700	5060	4545
Neu Darchau	2140	2730	3130	3560	4100	4480	4860	4450

- **Grundsätze** zur regelmäßigen Überprüfung der Extremwertstatistik
- **Grundsätze** für den Umgang bei Abweichung von Werten und grenzüberschreitender Betroffenheit
- **Grundsätze** zur Berücksichtigung von Hochwasserschutzmaßnahmen in der Statistik
- **Weiteres Vorgehen** zur Berechnung von Wasserspiegellagen für BHQ und HQ_T

Festlegungen zur zukünftigen Vorgehensweise

➤ Grundsätze zur regelmäßigen Überprüfung der Extremwertstatistik

Überprüfung der Extremwertstatistik, wenn für ein hydrologisches Ereignis an drei von insgesamt neun hydrologischen Pegeln HQ_{50} erreicht oder überschritten wird, ansonsten alle 6 Jahre im Rahmen der vorläufigen Bewertung des Hochwasserrisikos

➤ Grundsätze für den Umgang bei Abweichung von Werten und grenzüberschreitender Betroffenheit

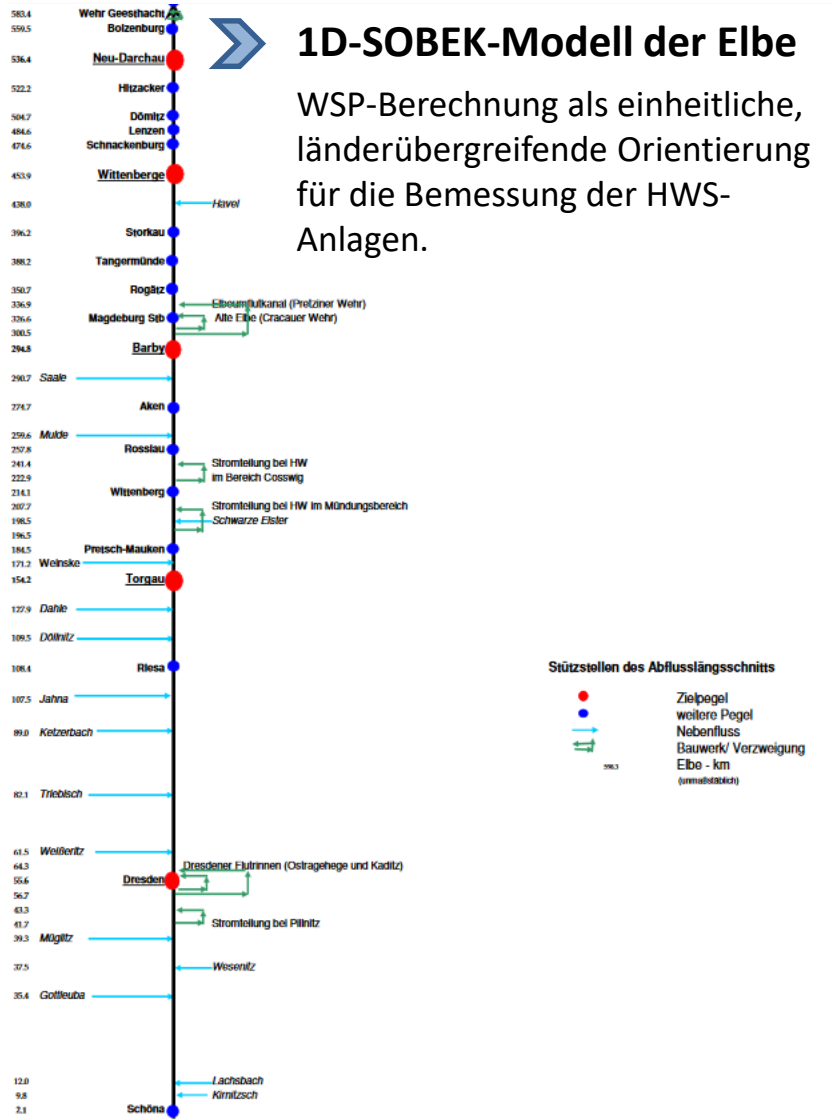
- *Ein Abweichen vom BHQ mit geringeren Jährlichkeiten bei der Bemessung bleibt jedem Land unbenommen. Bei grenzüberschreitender Betroffenheit ist eine Abstimmung vorzunehmen.*
- *Ein Abweichen vom BHQ nach oben setzt eine Abstimmung innerhalb der FGG Elbe voraus.*

➤ Grundsätze zur Berücksichtigung von Hochwasserschutzmaßnahmen in der Statistik

Realisierte Maßnahmen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes werden bei der Neuberechnung der Wasserspiegellagen berücksichtigt. Ausnahmen bilden gesteuerte Flutpolder. Letztere dienen als „Klimareserve“, d.h. der Vorsorge vor den nicht quantifizierbaren Veränderungen in der Niederschlags-Abflussintensität.

➤ Weiteres Vorgehen zur Berechnung von Wasserspiegellagen für BHQ und HQ_T

Wasserspiegellagenberechnungen für HQ_T -Werte durch die BfG



Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit.

BfG-Bericht 1938 verfügbar unter:
<http://doi.bafg.de/BfG/2018/BfG-1938.pdf>

Marcus Hatz

BfG, Referat M2

Telefon: +49 261/1306-5574

E-Mail: hatz@bafg.de

Bild: Bleilochtalsperre an der Saale (24.07.2014)