



Tschechische Technische Universität (ČVUT) Prag
Fakultät für Bauwesen

Überprüfung der strategischen Steuerung der Moldaukaskade – Parameter des Bewirtschaftungsplans



Pavel Fošumpaur

Nutzungen der Moldaukaskade

1. **Sicherung eines Mindestabflusses von 40 m³/s an der Moldau am Pegel Vrané**
2. **Stromerzeugung in Wasserkraftwerken**
3. **Kappung von Hochwassern an der Moldau und teilweiser Schutz des Gebiets vor Hochwasser**
4. **Lieferung von Oberflächenwasser an die Abnehmer**
5. **Niedrigwasseraufhöhung an der Moldau und ggf. der Elbe zur Verbesserung der Schifffahrtsbedingungen**
6. **Ablassen erhöhter Abflüsse zur Verbesserung der hygienischen Bedingungen und der Wasserqualität in der Moldau sowie zur Beseitigung der Folgen unfallbedingter Gewässerbelastungen**
7. **Beeinflussung des Abflussregimes unterhalb der Talsperre im Winter und Begrenzung unerwünschter Eiserscheinungen**
8. **Erholung und Wassersport**
9. **Schifffahrt auf dem Stausee**
10. **Extensive Fischwirtschaft**

Hochwasserschutzgrad

– Möglichkeiten der Erhöhung (allgemein)

Strategische Steuerung

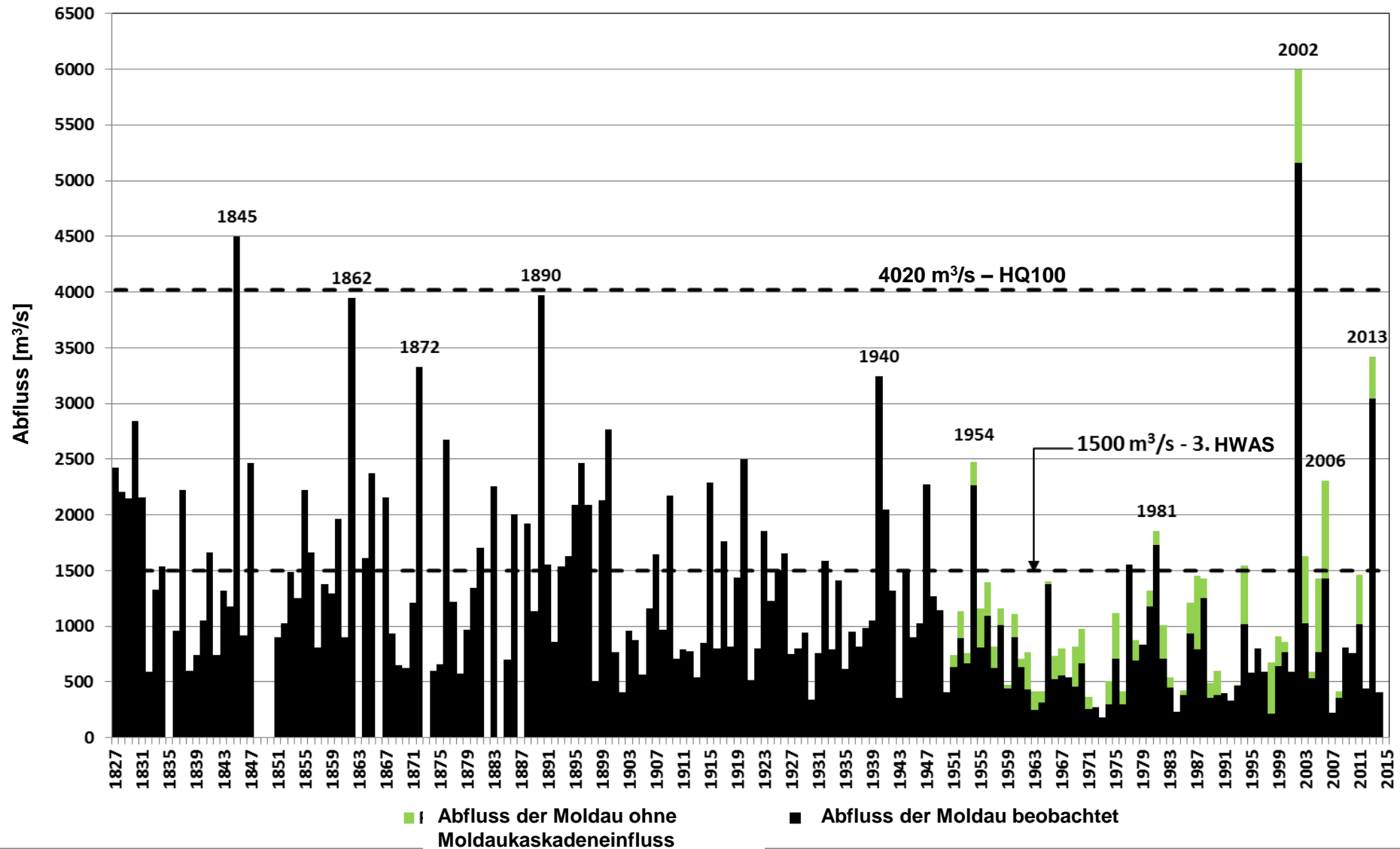
- Größe des Hochwasserrückhalteraums
- Schadloser Abfluss ($1500 \text{ m}^3/\text{s}$)

Operative Steuerung

- Nutzung der hydrologischen Vorhersage
- Informationen über die Sättigung des Einzugsgebiets



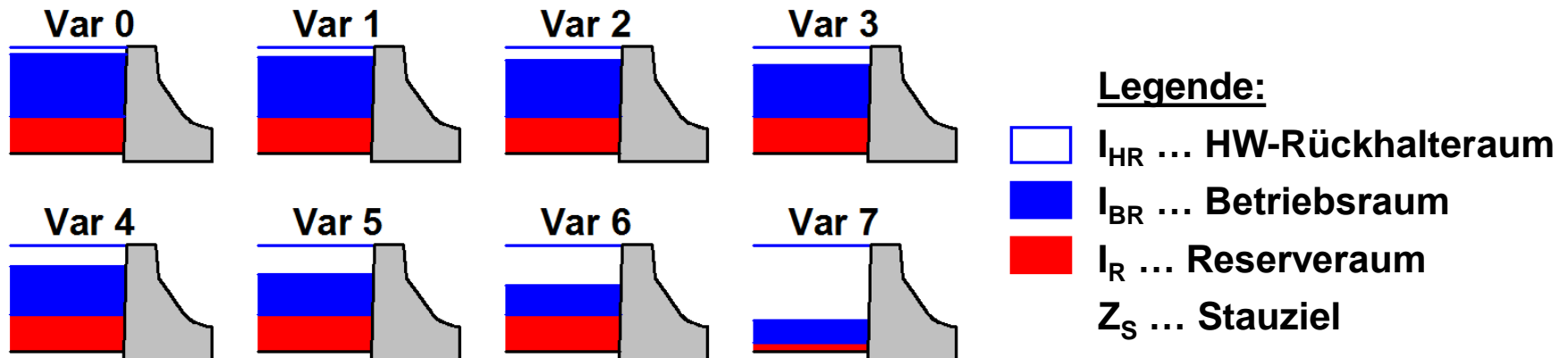
Hochwasser an der Moldau in Prag



Betrachtete Varianten

Variante	Vergrößerung des HW-Rückhalterausms		
	Orlík	Slapy	Gesamt
	[Mio. m ³]	[Mio. m ³]	[Mio. m ³]
0	0	0	0
1	30	0	30
2	30	30	60
3	100	0	100
4	100	30	130
5	208	0	208
6	310	0	310
7	636	0	636

Aufteilung der Stauräume: Orlík + Slapy



Bewirtschaftung bei Hochwasser

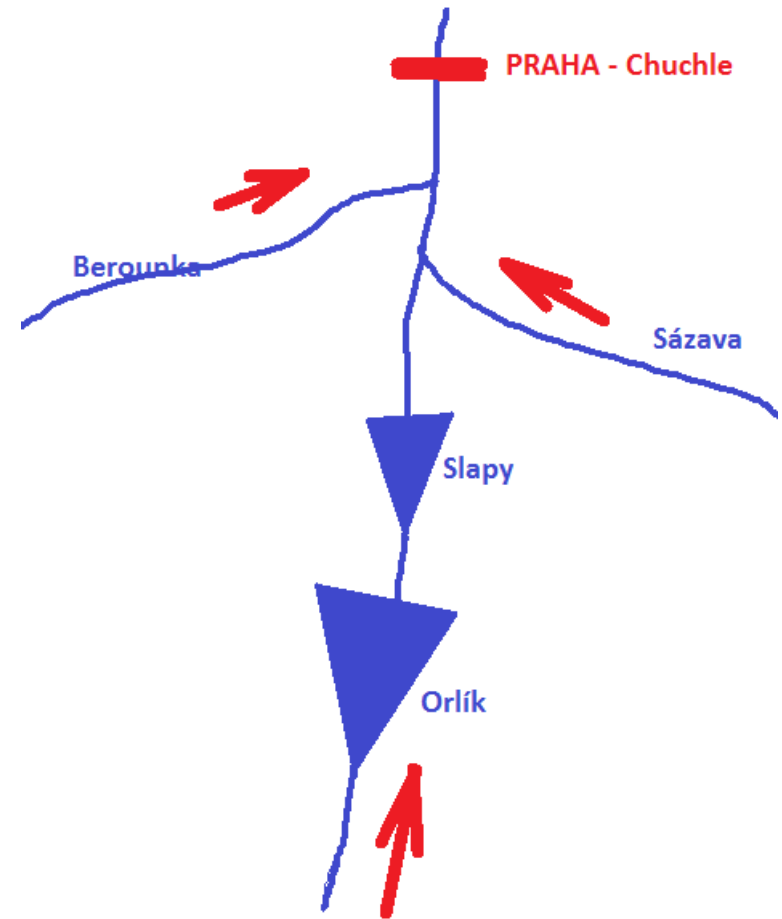
A/ Standardbewirtschaftung im Hinblick auf den Pegel Prag-Chuchle:

- Nach der Erreichung von $450 \text{ m}^3/\text{s}$ 12 Stunden halten
- Erhöhung auf $800 \text{ m}^3/\text{s}$ und 12 Stunden halten
- Erhöhung auf den schadlosen Abfluss von $1500 \text{ m}^3/\text{s}$ und halten

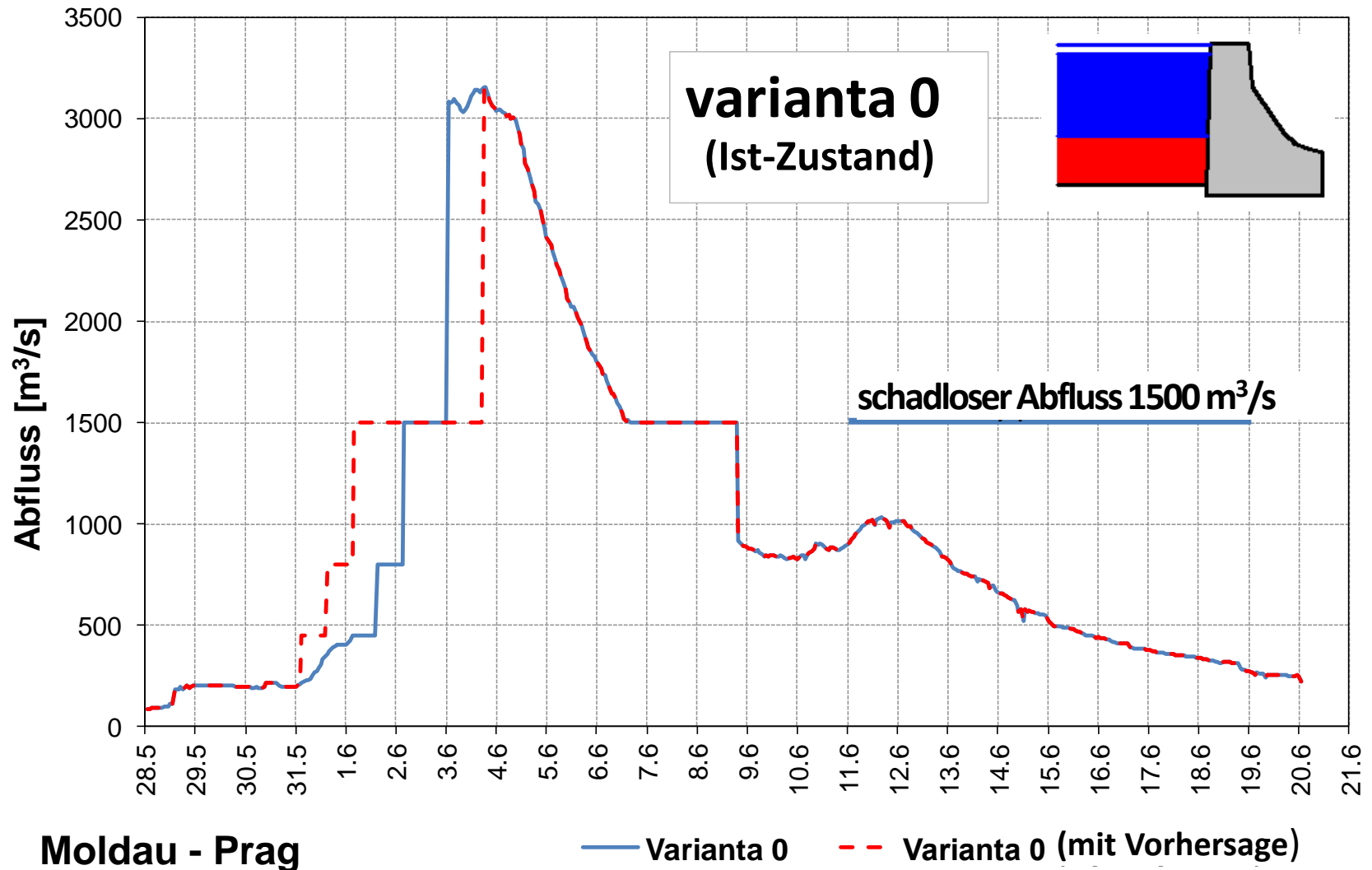
B/ Bewirtschaftung mit Vorentlastung 24 Stunden im Voraus

Das Gebiet kann verteidigt werden, solange:

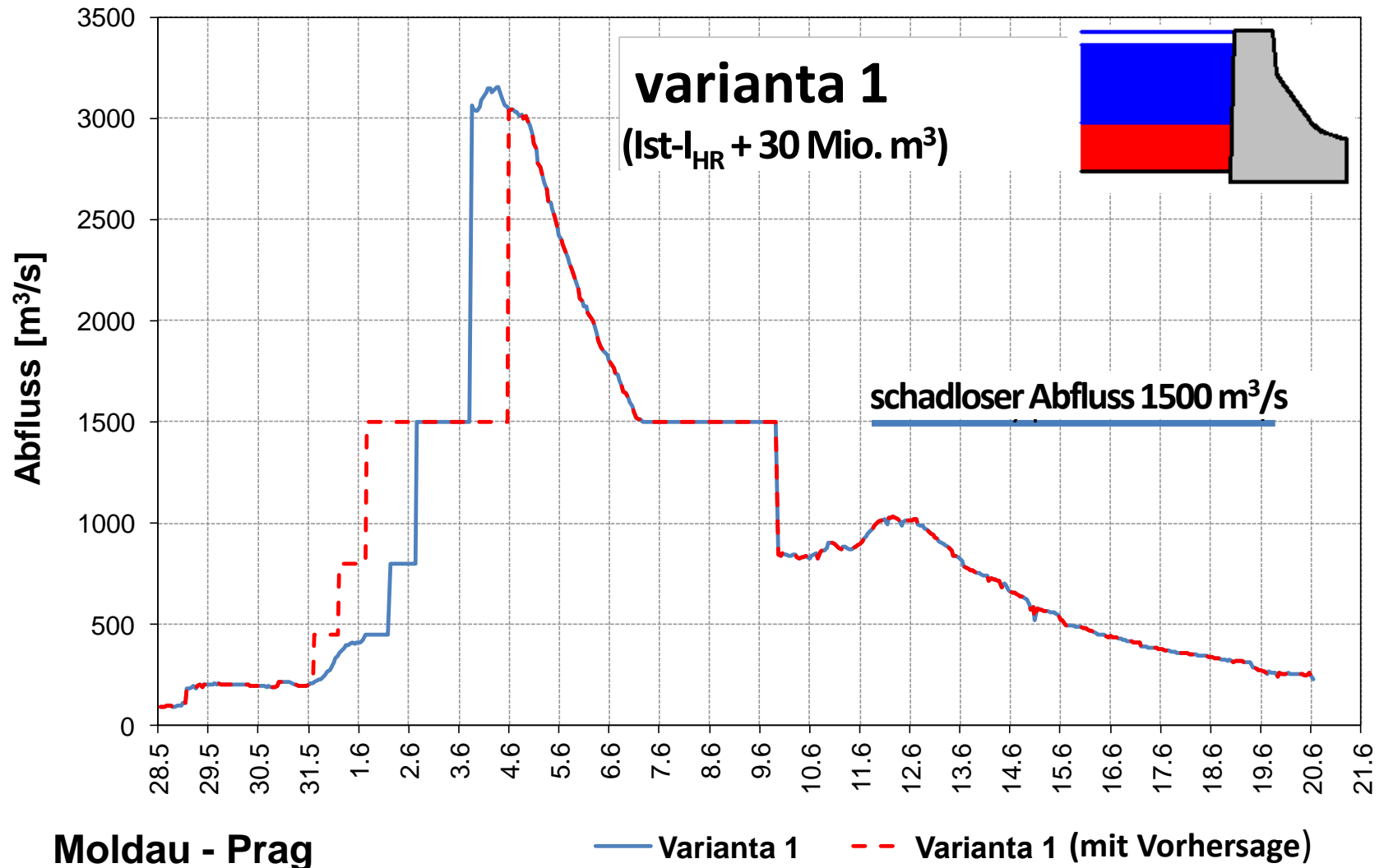
- a) der HW-Rückhalteraum noch nicht voll ist,
- b) die nichtsteuerbaren Zuflüsse der Sázava und der Berounka den Wert des schadlosen Abflusses nicht überschreiten.



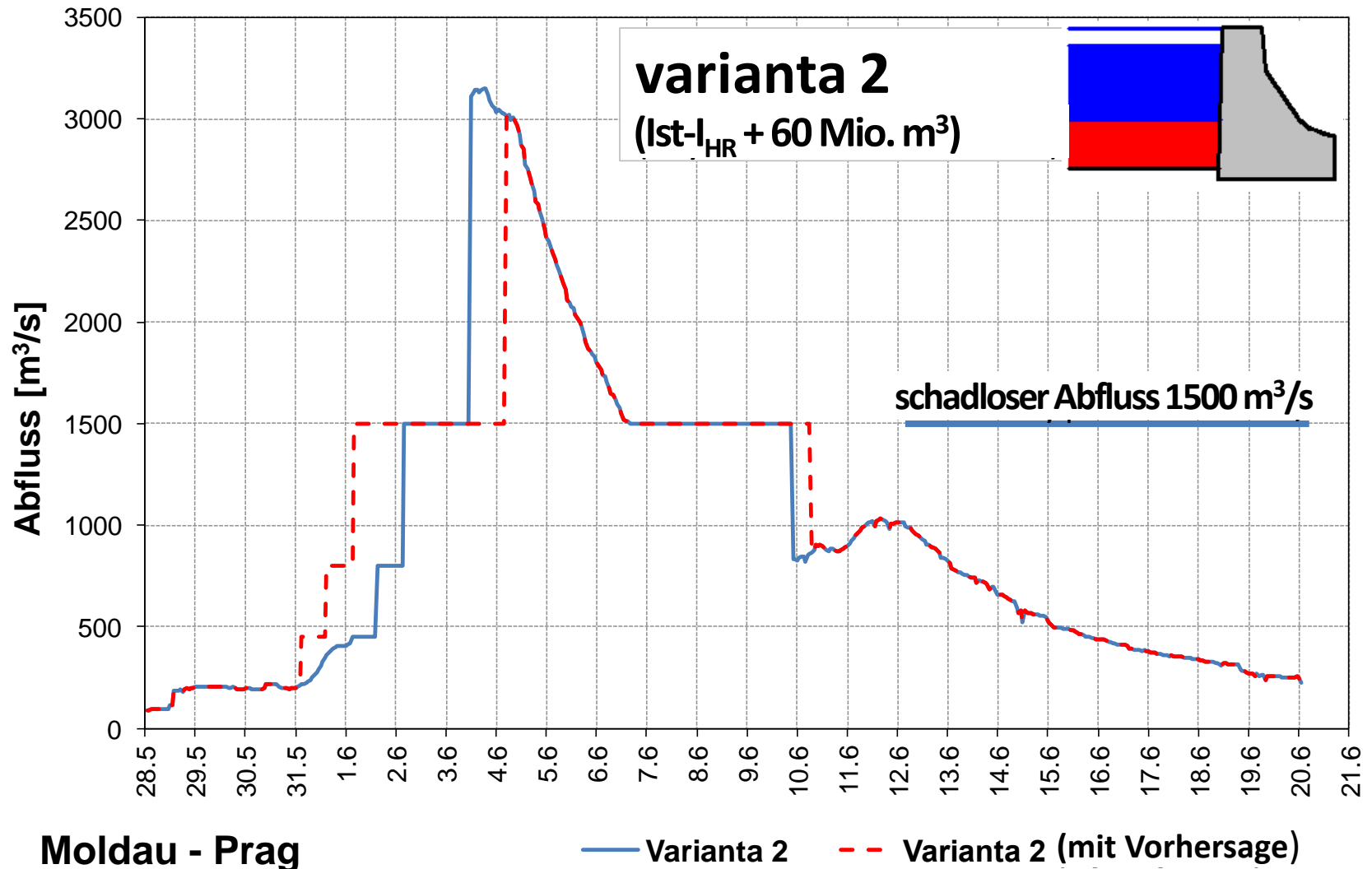
Hochwasser 2013 – Vergleich der Varianten



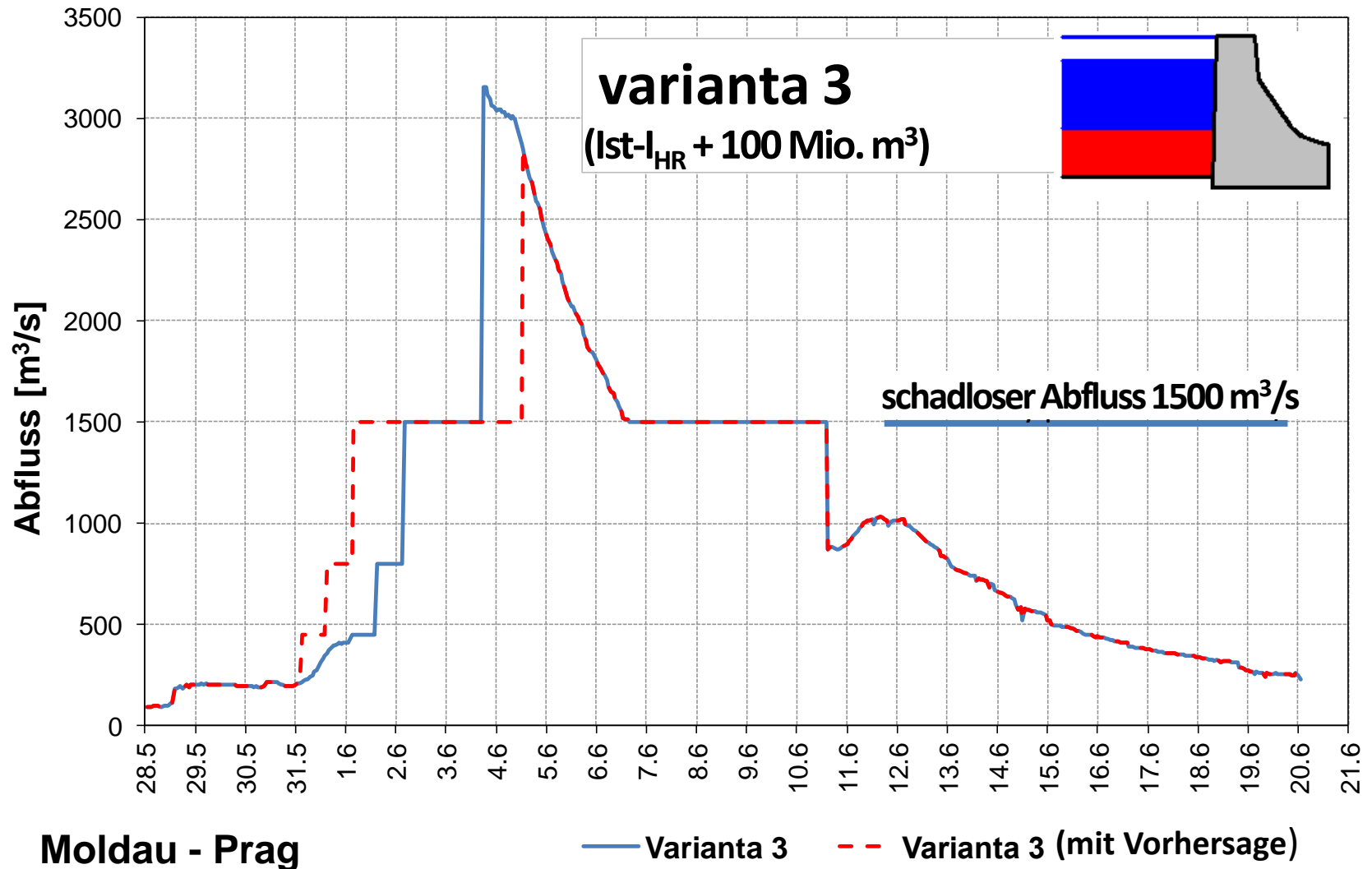
Hochwasser 2013 – Vergleich der Varianten



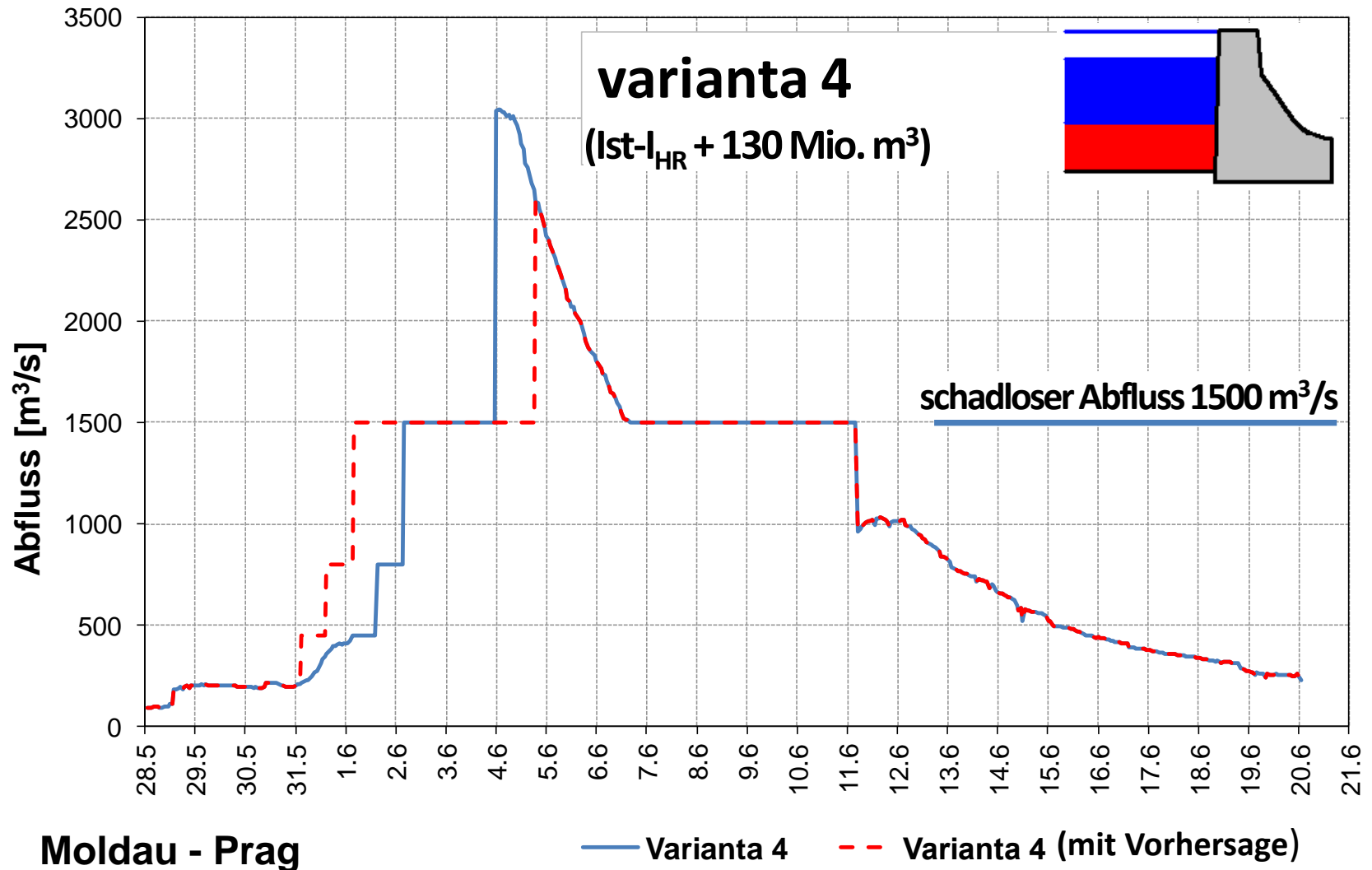
Hochwasser 2013 – Vergleich der Varianten



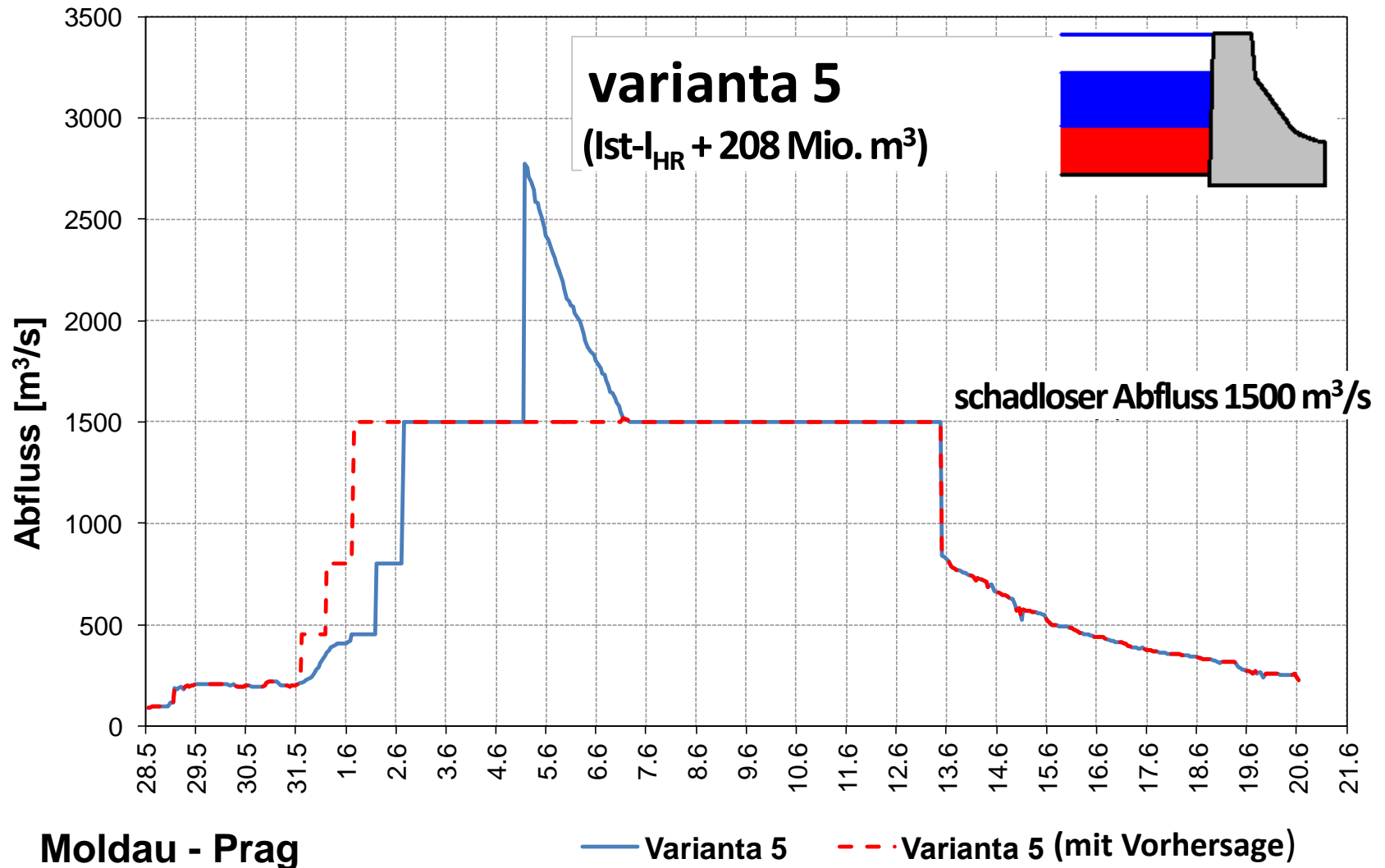
Hochwasser 2013 – Vergleich der Varianten



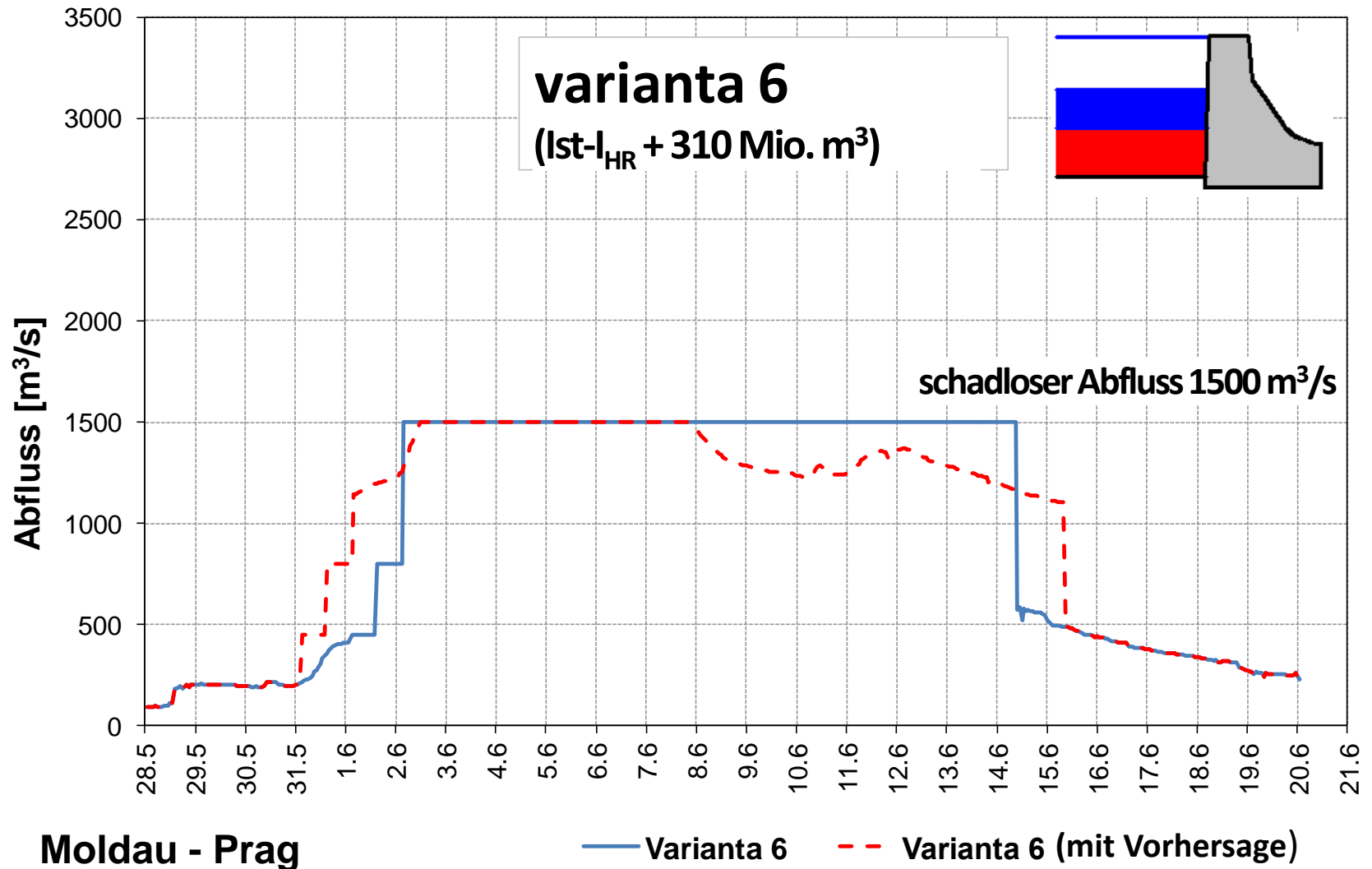
Hochwasser 2013 – Vergleich der Varianten



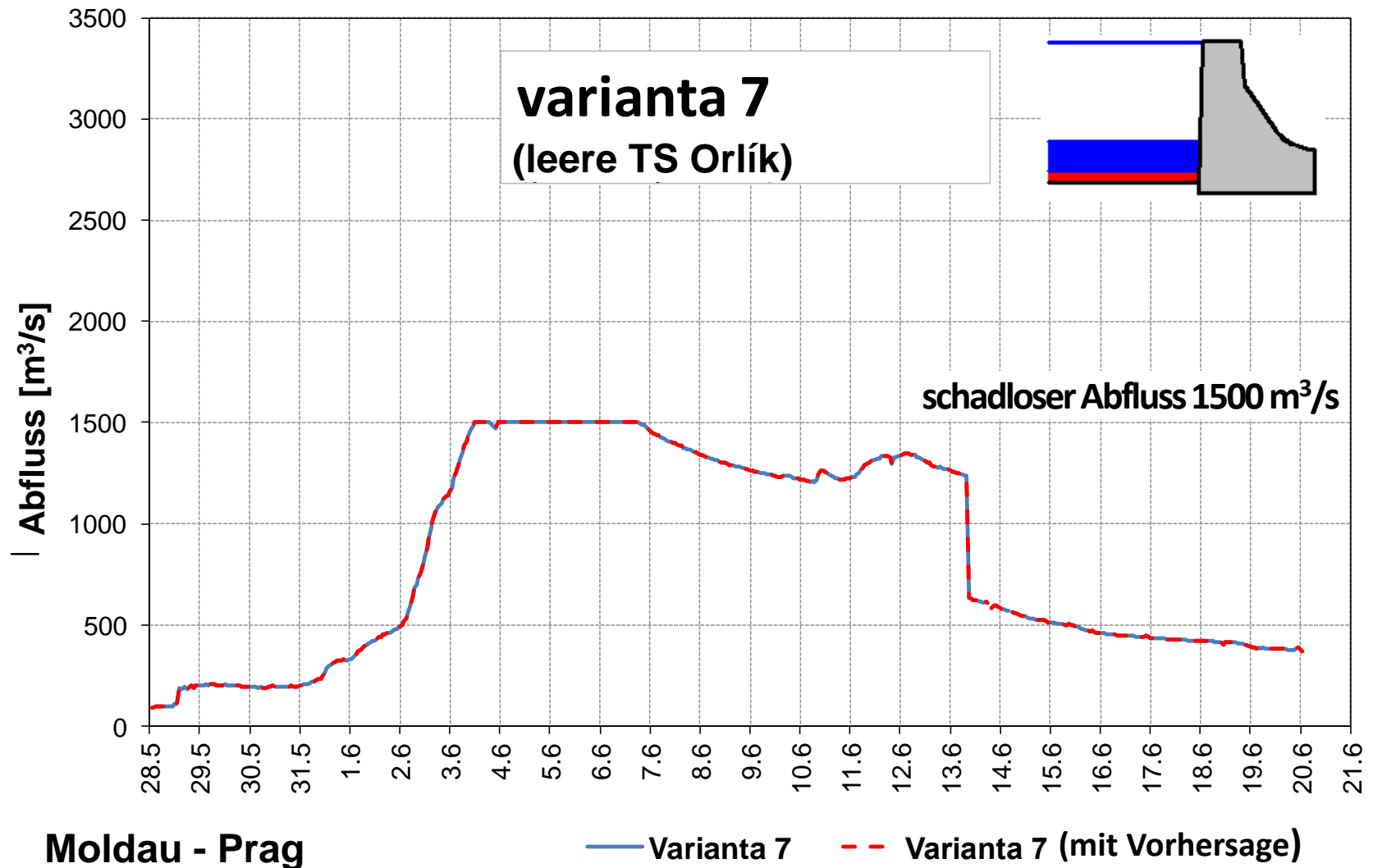
Hochwasser 2013 – Vergleich der Varianten



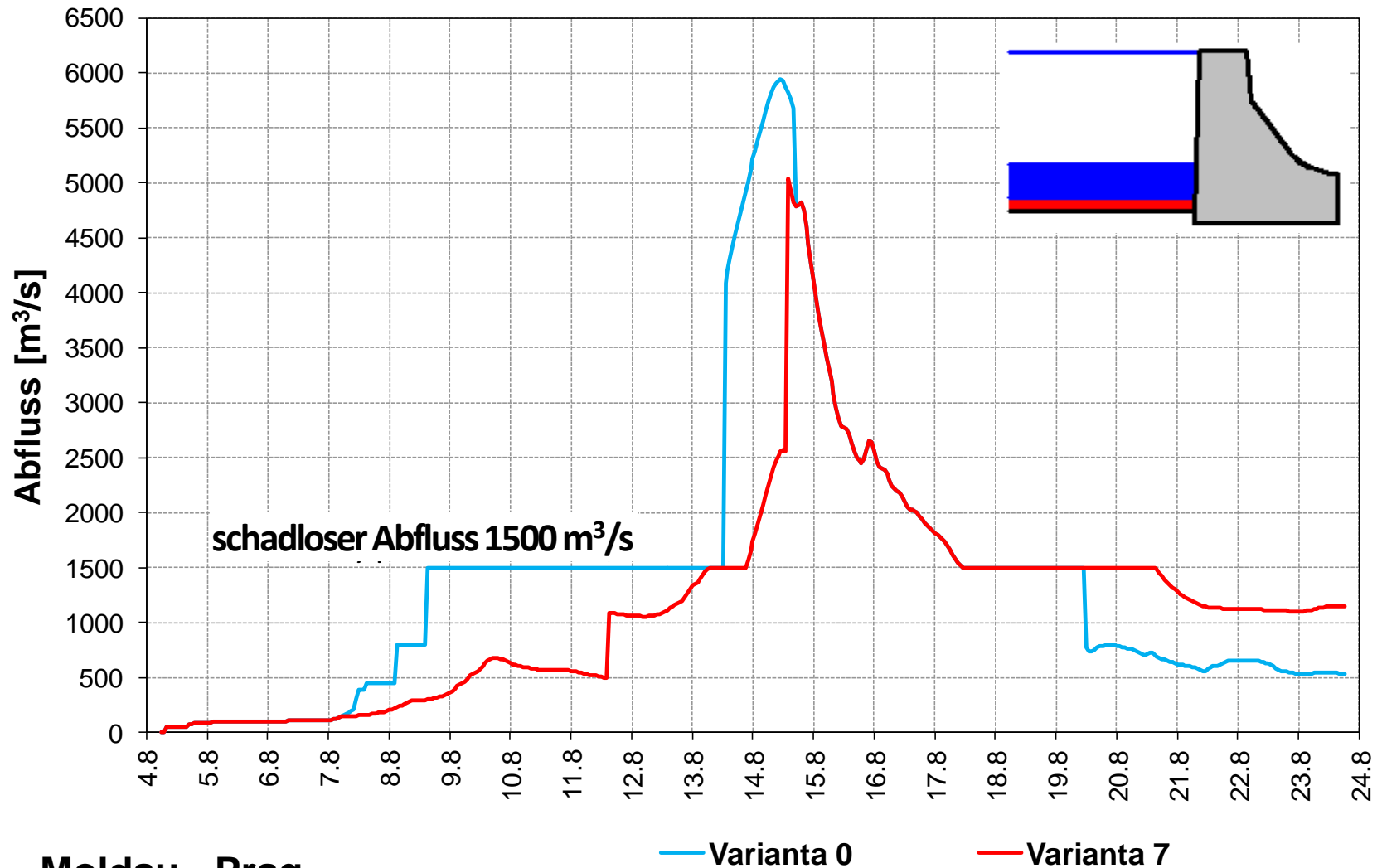
Hochwasser 2013 – Vergleich der Varianten



Hochwasser 2013 – Vergleich der Varianten



Hochwasser 2002 und Variante 7 (leere TS Orlík)



- Allein der Zufluss aus der Berounka und der Sázava betrug ca. $2500 \text{ m}^3/\text{s}$.

Notwendige HW-Rückhalteräume für verschiedene Hochwasserereignisse

Hochwasserereignis (Prag-Chuchle)	Hochwassertyp			Notwendiger HW-Rückhalteraum	
	Moldau (TS Orlík)	Sázava (Nespeky)	Berounka (Beroun)	ohne Vorhersage	mit 24-h- Vorhersage
T	T	T	T	[Mio. m ³]	[Mio. m ³]
10	10	5	5	89	38
20	20	5	5	121	68
	20	20	20	197	98
50	50	20	20	271	168
100	100	20	20	312	204
	100	50	50	*)	*)

*) Beim Zusammentreffen eines HQ50 aus der Sázava und der Berounka ist der Schutz selbst bei einer leeren TS Orlík nicht mehr zu sichern.

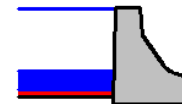
Der Ist-Wert des Hochwasserrückhalterums beträgt 62 Mio. m³.

Schutzwirkung der Moldaukaskade für die einzelnen Varianten

Variante	Schutzgrad	
	ohne Vorhersage	mit 24-h-Vorhersage
0	< HQ10	< HQ20
1	HQ10	HQ20
2	< HQ20	< HQ50
3	HQ20	HQ50
4	HQ20	HQ50
5	HQ50	HQ100 (2013)
6	HQ100 (2013)	HQ100
7	HQ100	HQ100

Variante	Gesamt (Orlík + Slapy)		Störungen in 1000 Jahren		Häufigkeit der Störungen
	I_{BR} – Betriebsstauraum	ΔI_{BR} – Änderung gegenüber IST	Monate	Jahre	Einmal in N Jahren
	[Mio. m³]	[Mio. m³]	[-]	[-]	[Jahre]
0	575	0	0	0	-
1	545	-30	0	0	-
2	515	-60	0	0	-
3	475	-100	0	0	-
4	445	-130	2	2	500
5	367	-208	9	8	125
6	266	-309	73	42	24
7	201	-374	177	102	10

Funktionen des Betriebsraums



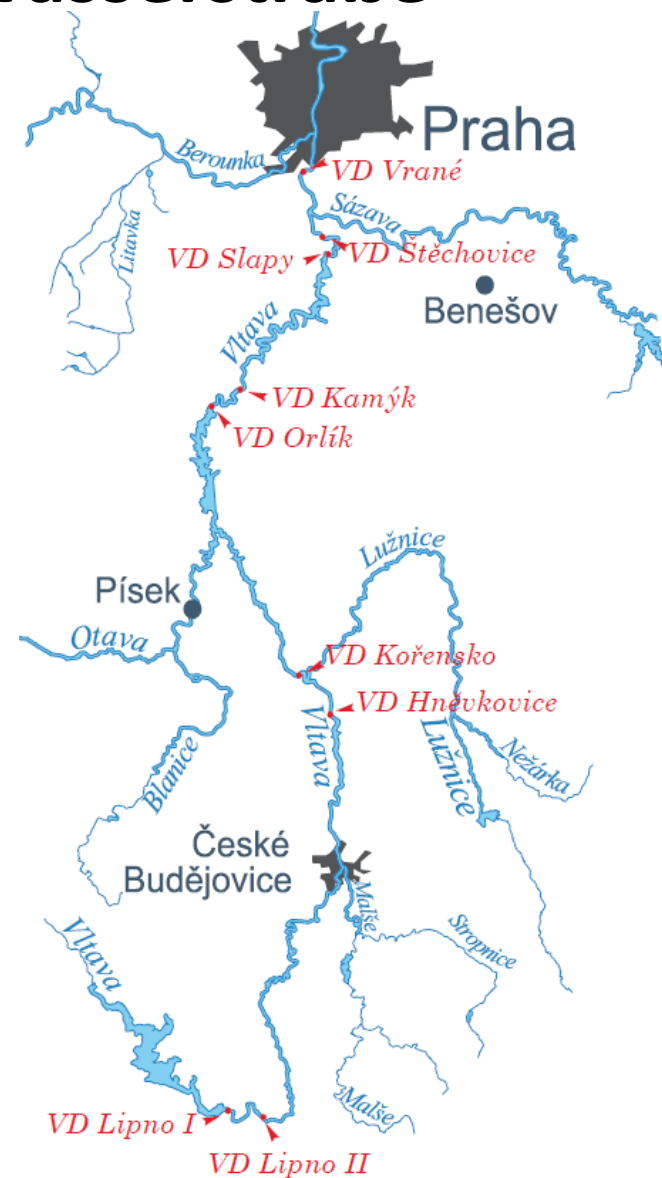
Energieerzeugung aus Wasserkraft

Variante	TS Orlík	TS Slapy	WKW Orlík	WKW Slapy
	Δ Betriebs- raum	Δ Betriebs- raum	Δ Jahres- erzeugung	Δ Jahres- erzeugung
	[Mio. m ³]	[Mio. m ³]	[%]	[%]
0	0	0	0	0
1	-30	0	-2	0
2	-30	-30	-2	-5
3	-100	0	-7	0
4	-100	-30	-7	-5
5	-208	0	-15	0
6	-309	0	-25	-2
7	-374	0	-100	-2

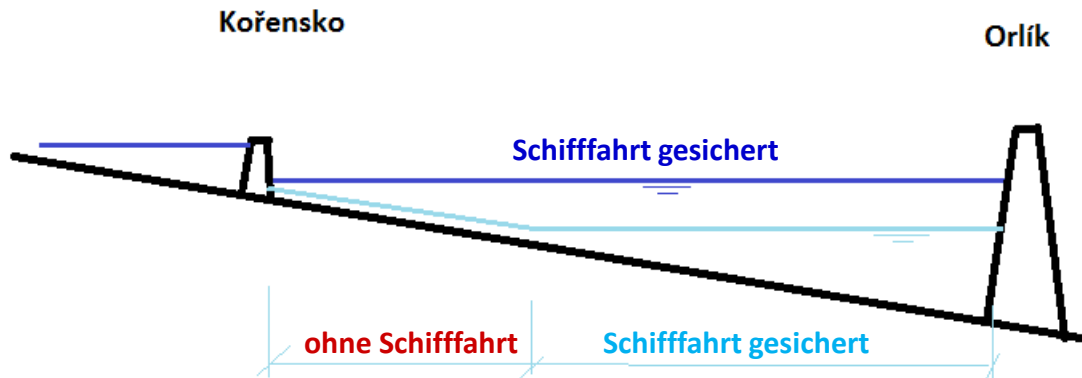
- Rolle von Spitzenwasserkraftwerken im Energiesystem
- Die Lösung beinhaltet auch Reserveleistungen der Wasserkraftwerke Lipno I, Orlík und Slapy.

Einfluss auf die Schifffahrt auf der Moldau-Wasserstraße

- Bewertet wurde die Möglichkeit der Schifffahrt auf der Moldau-Wasserstraße.
- Laut dem Gesetz 114/1995 ist der Moldauabschnitt České Budějovice – Třebeňice eine für den Verkehr bedeutende Wasserstraße der Klasse I.
- Die Rechtsvorschrift formuliert Anforderungen an die Fahrrinnen-Mindesttiefe.
- Diese hängt vom Wasserspiegel in den Stauseen der Moldau-kaskade ab (und vom Abfluss).

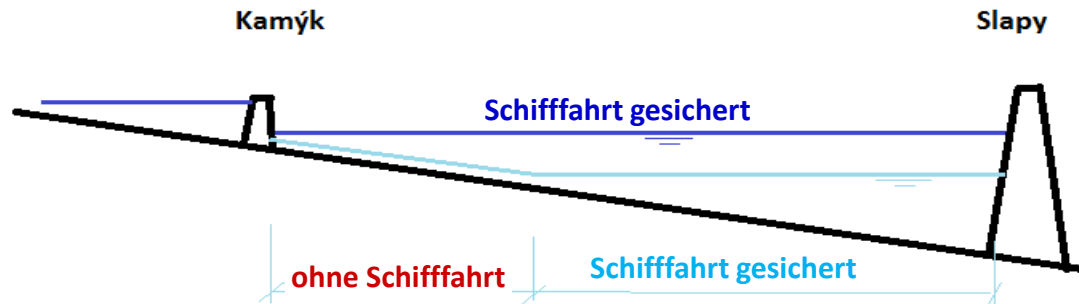


Zuverlässigkeit der Schifffahrt von der TS Orlík bis Kořensko



Variante	TS Orlík	TS Slapy	Gewährleistung der Schifffahrt Orlík - Kořensko			
	Δ Betriebs- raum	Δ Betriebs- raum	VI	VII	VIII	IX
	[Mio. m ³]	[Mio. m ³]	[%]	[%]	[%]	[%]
0	0	0	99	99	94	90
1	-30	0	99	97	90	84
2	-30	-30	99	97	90	84
3	-100	0	1	2	2	0
4	-100	-30	1	2	2	0
5	-208	0	0	0	0	0
6	-309	0	0	0	0	0
7	-374	0	0	0	0	0

Zuverlässigkeit der Schifffahrt von der TS Slapy bis Kamýk



Variante	TS Orlík	TS Slapy	Gewährleistung der Schifffahrt Slapy - Kamýk			
	ΔI_{BR}	ΔI_{BR}	VI	VII	VIII	IX
	[Mio. m ³]	[Mio. m ³]	[%]	[%]	[%]	[%]
0	0	0	100	100	100	100
1	-30	0	100	100	100	100
2	-30	-30	0	0	0	0
3	-100	0	100	100	100	100
4	-100	-30	0	0	0	0
5	-208	0	100	99	98	92
6	-309	0	97	86	77	67
7	-374	0	97	86	77	67

Einfluss auf die Erholung

- Schwanken des Wasserspiegels in den Stauseen
- Sicherung des Betriebs von Anlegestellen
 - Sicherung der Fahrrinnentiefe im Bereich der Liegeplätze mit 90%iger Zuverlässigkeit von April bis September
 - Ausführliche Analyse für die einzelnen Varianten
 - Lokalisierung von Stellen mit ungenügender Fahrrinnentiefe



Sicherung des Betriebs von Anlegestellen

ORLÍK	Vari- ante 0	Vari- ante 1 und 2	Vari- ante 3 und 4	Vari- ante 5	Vari- ante 6	Vari- ante 7
Anzahl der Stellen im Betrieb (Stück)	1471	1197	927	460	266	0
Anzahl der Stellen im Betrieb (%)	100 %	81 %	63 %	31 %	18 %	0 %

SLAPY	Vari- ante 0, 1, 3, 5	Vari- ante 2, 4	Vari- ante 6, 7
Anzahl der Stellen im Betrieb (Stück)	1689	1085	787
Anzahl der Stellen im Betrieb (%)	100 %	64 %	47 %

Abschließende Auswertung

Variante	Vergrößerung des Hochwasserrückhalterums (Orlík+Slapy)	Hochwasserschutz		Funktionen des Betriebsraums	Energieerzeugung		Schifffahrt auf der Moldau-Wasserstraße		Erholung auf den Stauseen Orlík und Slapy	
		ohne Vorhersage	mit 24-h-Vorhersage	Häufigkeit der Störungen: einmal in N Jahren	WKW Orlík – Δ Jahreserzeugung	WKW Slapy – Δ Jahreserzeugung	Stauende der TS Orlík	Stauende der TS Slapy	Orlík – Reduzierung der Liegeplätze	Slapy – Reduzierung der Liegeplätze
	[Mio. m ³]	[Jahre]	[Jahre]	[Jahre]	[%]	[%]	[ja/nein]	[ja/nein]	[%]	[%]
0	0	< HQ10	< HQ20	-	0	0	ja	Ja	0	0
1	30	HQ10	HQ20	-	-2	0	Ja	ja	-19	0
2	60	< HQ20	< HQ50	-	-2	-5	ja	nein	-19	-36
3	100	HQ20	HQ50	-	-7	0	nein	ja	-37	0
4	130	HQ20	HQ50	500	-7	-5	nein	nein	-37	-36
5	208	HQ50	HQ100 (2013)	125	-15	0	nein	ja	-69	0
6	309	HQ100 (2013)	HQ100	24	-25	-2	nein	eingeschränkt	-82	-53
7	636	HQ100	HQ100	10	-100	-2	ne	eingeschränkt	-100	-53

Fazit

- **Ein absoluter Hochwasserschutz ist nicht zu sichern.**
- **Konfliktfrei oder mit geringen Auswirkungen ist nur die Variante 1.**
- **Die anderen Varianten führen bereits zu bedeutenden Konflikten. Deren unmittelbare Realisierung ist nicht möglich (würde eine Neubewertung der Nutzungen der Moldaukaskade und/oder die Realisierung von Folgeinvestitionen erfordern).**
- **Die Studie liefert eine Grundlage für Entscheidungen über die Effektivität der Erhöhung des Rückhalts in der Moldaukaskade. Möglichkeit der Nutzung einer Kosten-Nutzen-Analyse.**

Fazit

- **Vor der Realisierung einer der Varianten ist es notwendig, weitere Aspekte zu prüfen (Wasserqualität in den Stauseen, Stabilität der Böschungen, Erholung, Wassersport, Baden, Fischwirtschaft).**
- **Möglichkeiten der operativen Steuerung – Vorentlastung.**
- **Verfolgung der Möglichkeit einer Erhöhung des schadlosen Abflusses.**
- **Neue Rückhaltekapazitäten im Einzugsgebiet der Berounka und der Sázava suchen.**