

## Implementierung von Rückhaltebecken, Talsperren und gesteuerten Seen in LARSIM

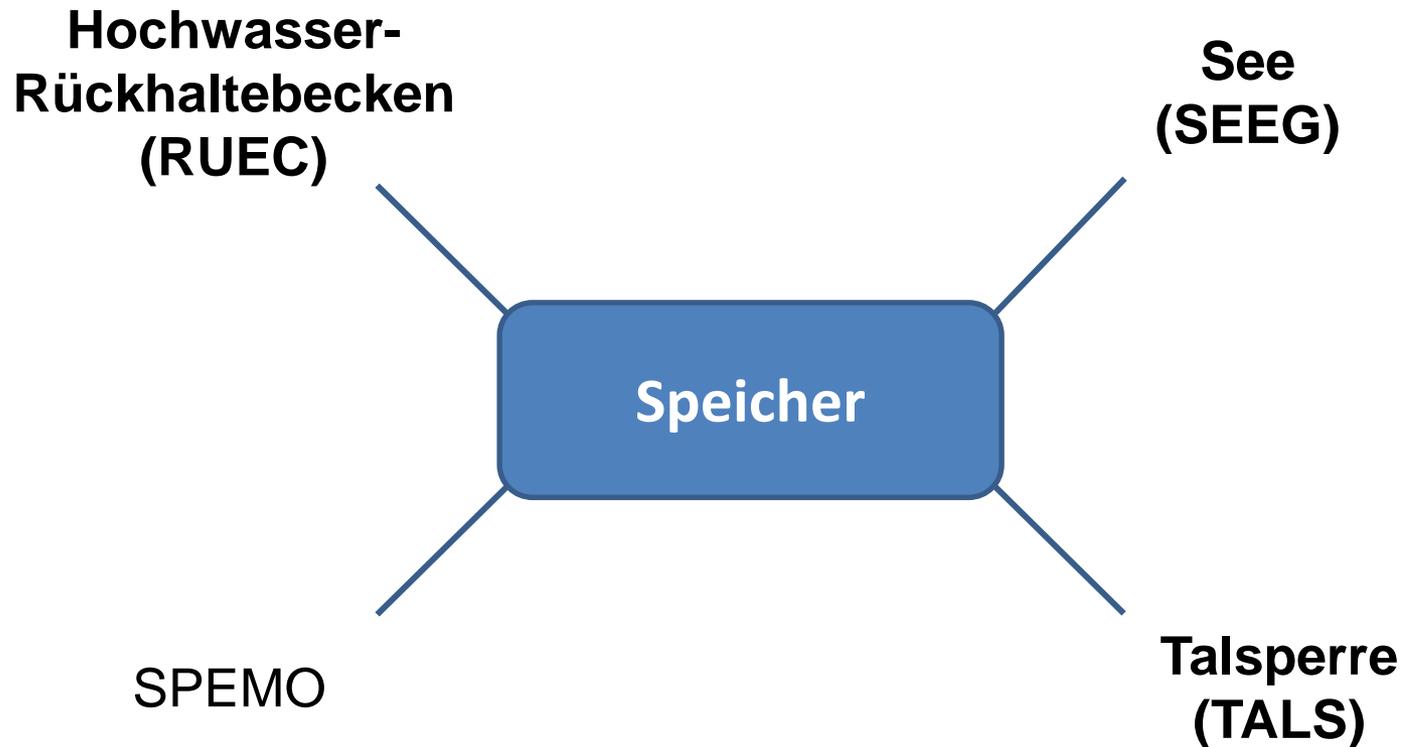
Dr.-Ing. Kai Gerlinger

HYDRON Ingenieurgesellschaft für Umwelt und Wasserwirtschaft

Juni 2020

# Speicherbauerwerke in LARSIM

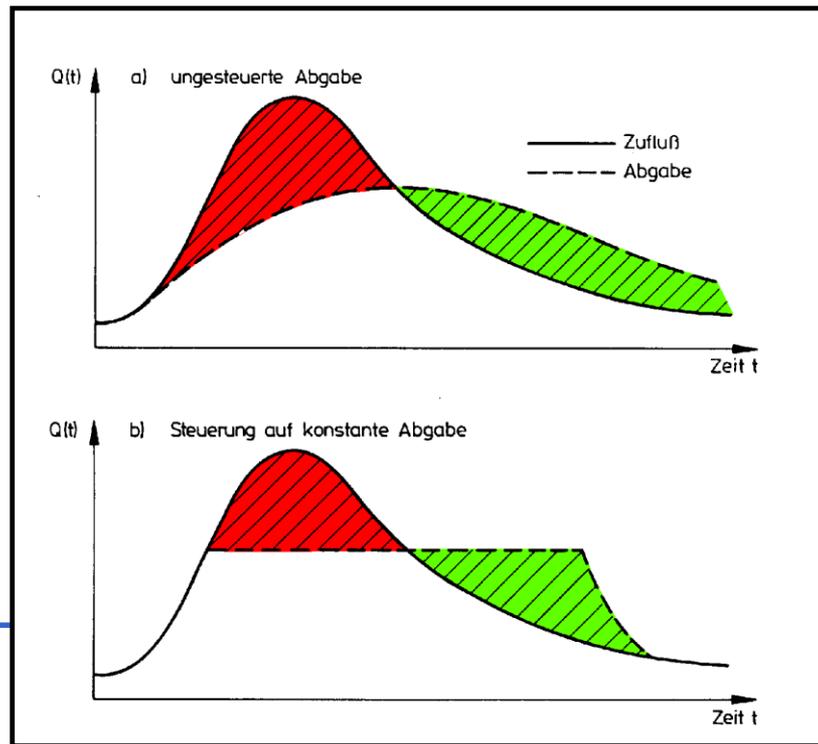
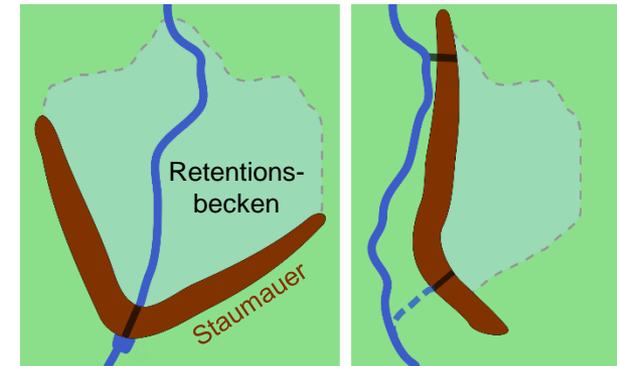
Verschiedene Möglichkeiten, einen Speicher in LARSIM zu integrieren



# Hochwasser-Rückhaltebecken

## Hochwasser-Rückhaltebecken (HRB) in LARSIM:

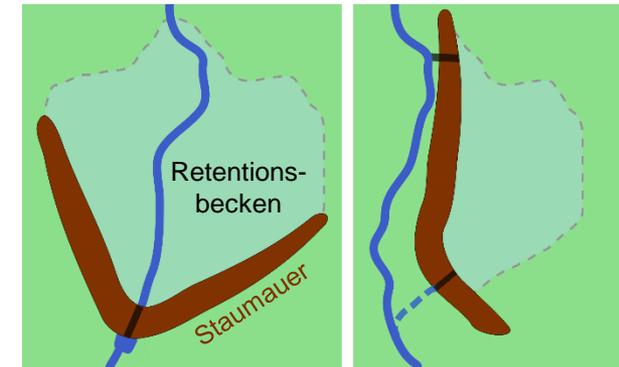
- Einbau im „Hauptschluss“ oder „Nebenschluss“ (letzteres mittels Verzweigung)
- konstanter Regelabfluss (gesteuerte Abgabe)
- Hochwasser-Entlastung mit Retention



# Hochwasser-Rückhaltebecken

## Hochwasser-Rückhaltebecken (HRB) in LARSIM:

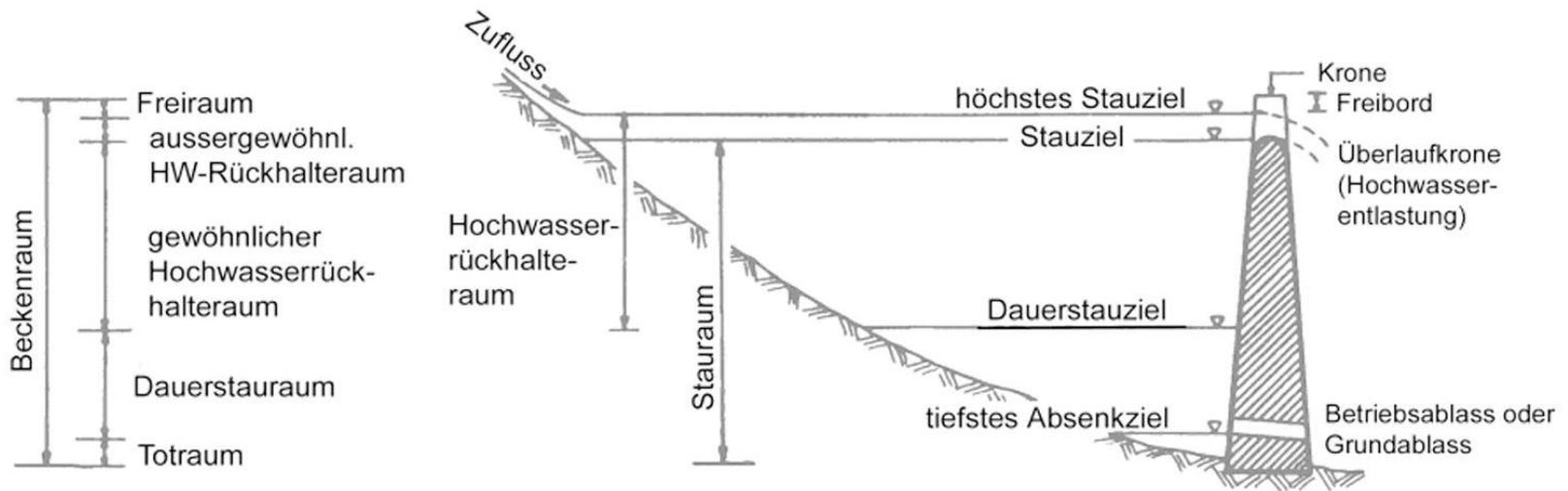
- Einbau im „Hauptschluss“ oder „Nebenschluss“ (letzteres mittels Verzweigung)
- konstanter Regelabfluss (gesteuerte Abgabe)
- Hochwasser-Entlastung mit Retention



HRB im Hauptschluss

HRB im Nebenschluss

verändert nach wikipedia.de



Maniak 2016

# Hochwasser-Rückhaltebecken

## HRB – erforderliche Angaben in LARSIM (<tape10>):

- Lage im Modell (Teilgebiets-Nummer)
- konstanter Regelabfluss [m<sup>3</sup>/s]
- Volumen-Abfluss-Kennlinie des Beckens
- Volumen-Abfluss-Kennlinie der Hochwasser-Entlastung

Die Angaben sind in die LARSIM-Steuerdatei <tape10> einzufügen (Kennung RUEC).

*Für ein HRB können auch mehrere Volumen-Abfluss-Kennlinien mit unterschiedlichen Gültigkeitszeiträumen definiert werden (saisonale Steuerung).*

# Hochwasser-Rückhaltebecken

## HRB – erforderliche Angaben in LARSIM (<tape10>) – Beispiel:

Volumen Beckeninhalt [1000 m <sup>3</sup> ]	Regelabfluss [m <sup>3</sup> /s]	Bemerkung
0	3,2	Abgabe = Minimum aus Zufluss und konstantem Regelabfluss
160	3,2	Schwelle HW-Entlastung
Volumen Beckeninhalt [1000 m <sup>3</sup> ]	Abfluss über HW- Entlastung [m <sup>3</sup> /s]	Bemerkung
164	0,0	Schwelle HW-Entlastung
170	1,6	
177	3,4	
...	...	
223	42,0	
> 223		Abfluss = Zufluss HRB unwirksam

# Hochwasser-Rückhaltebecken

## HRB – erforderliche Angaben in LARSIM (<tape10>) – Beispiel:

- konstanter Regelabfluss (hier: 3,2 m<sup>3</sup>/s) bis der gewöhnliche Rückhalteraum (hier: 160 Mio. m<sup>3</sup>) gefüllt ist

```
RUEC 1337 7
*
* Volumen [1000 cbm]
*
  160.0  1  164.0  2  170.0  3  177.0  4  190.0  5
  205.0  6  223.0  7
*
* 1. Wert = gewöhnlicher HW-Rückhalteraum,
* Folgewerte entsprechend Kennlinie der HW-Entlastung
* Abfluss [cbm/s]
*
  3.2  1  1.6  2  3.4  3  6.0  4  14.3  5
  28.0  6  43.0  7
```

- wichtig: erster Wert für Volumen (Speicherinhalt) und Abfluss immer größer als 0.0

# Hochwasser-Rückhaltebecken

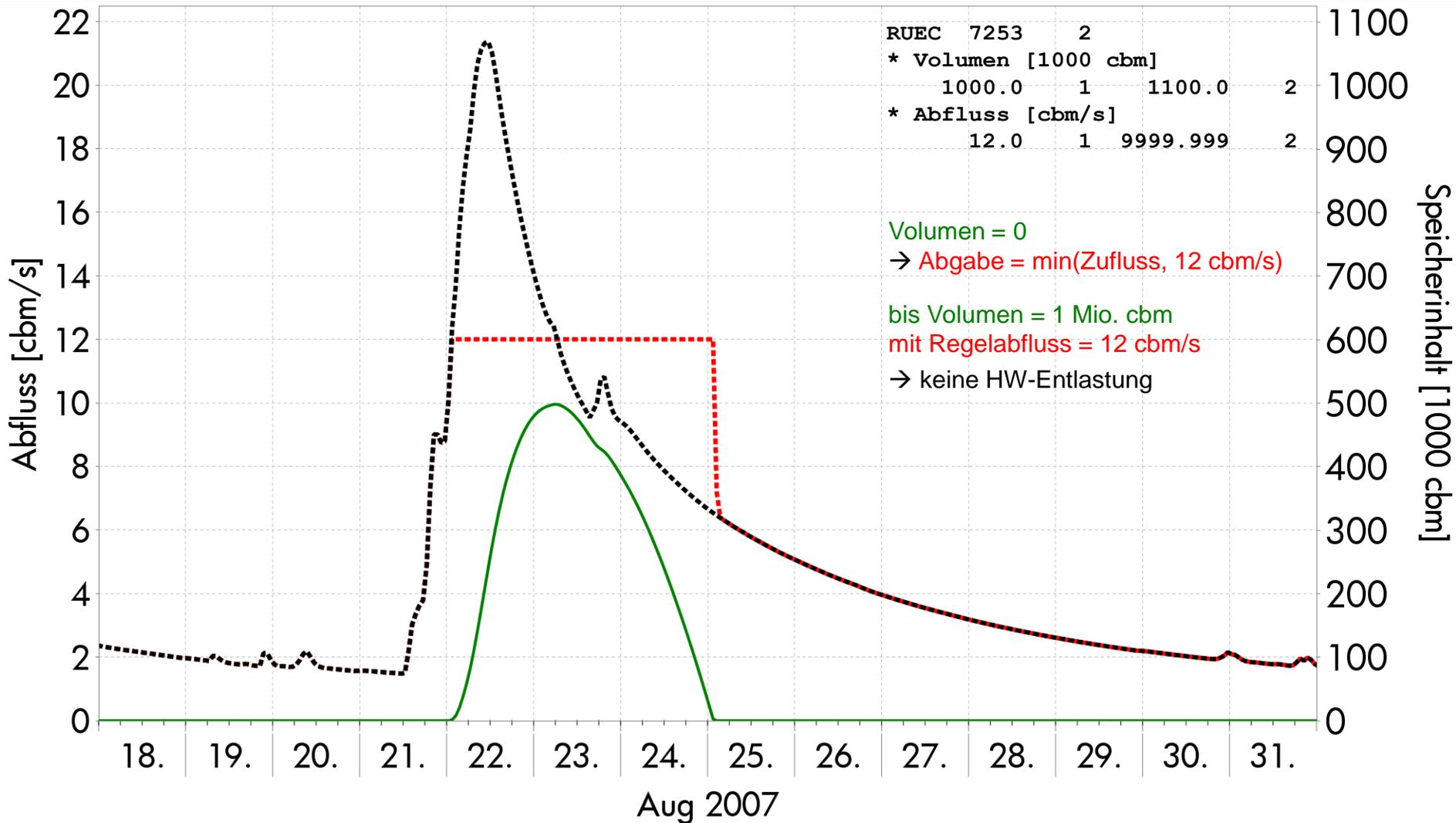
## HRB – erforderliche Angaben in LARSIM (<tape10>) – Beispiel:

- zusätzliche Abgabe aus dem HRB über die Hochwasserentlastung bei Überschreitung des Volumens des gewöhnlichen Rückhalteriums

```
RUEC 1337 7
*
* Volumen [1000 cbm]
*
  160.0  1  164.0  2  170.0  3  177.0  4  190.0  5
  205.0  6  223.0  7
*
* 1. Wert = gewöhnlicher HW-Rückhalterium,
* Folgewerte entsprechend Kennlinie der HW-Entlastung
* Abfluss [cbm/s]
*
  3.2  1  1.6  2  3.4  3  6.0  4  14.3  5
  28.0  6  43.0  7
```

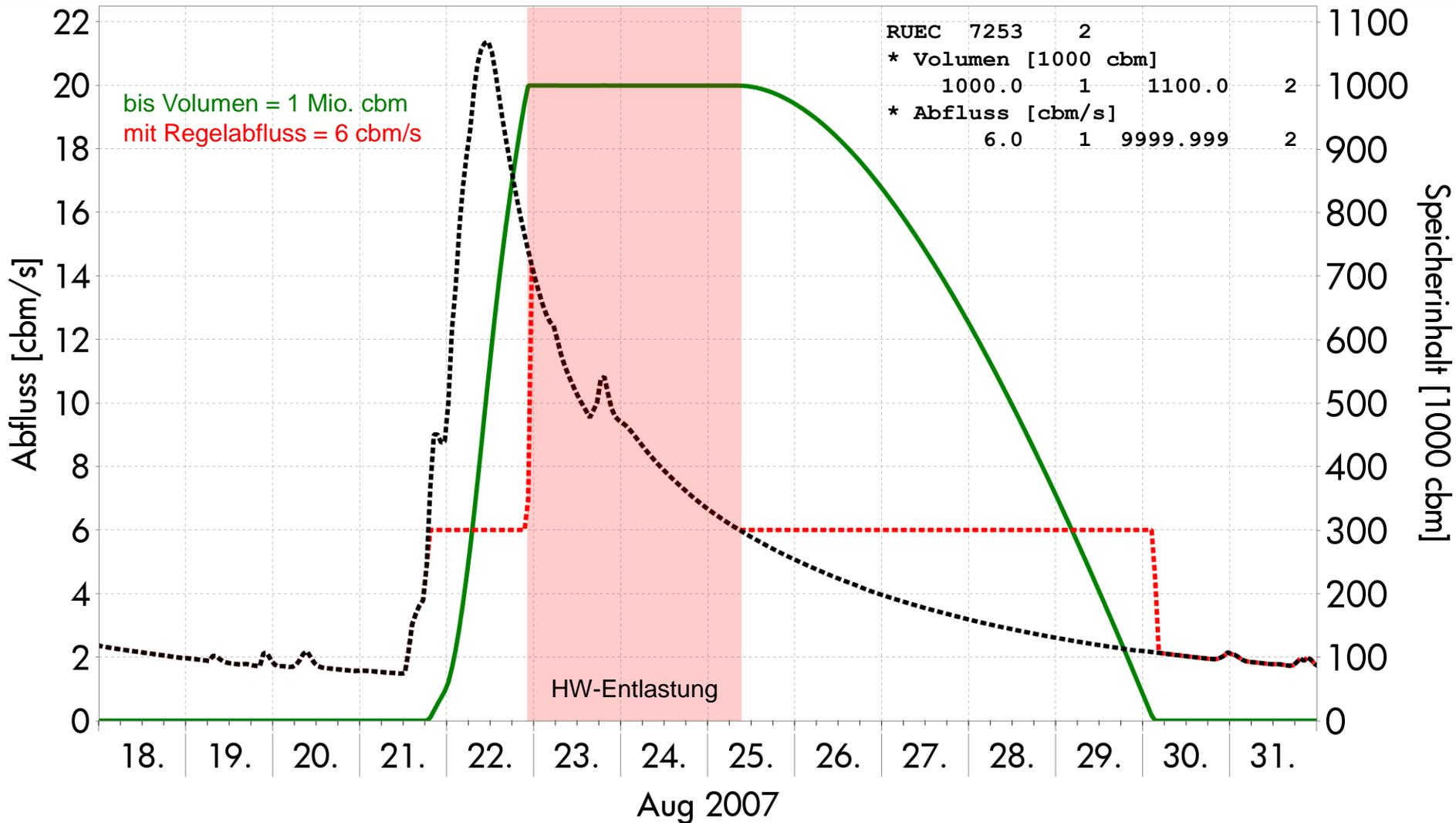
- iterative Berechnung des Rückhalts im HRB nach dem Verfahren der Seeretention (auch für Talsperren und Seen)

# Beispiel HRB



... Hennetalsperre QZU sim    ... Hennetalsperre QAB sim    — Hennetalsperre VOL sim

# Beispiel HRB



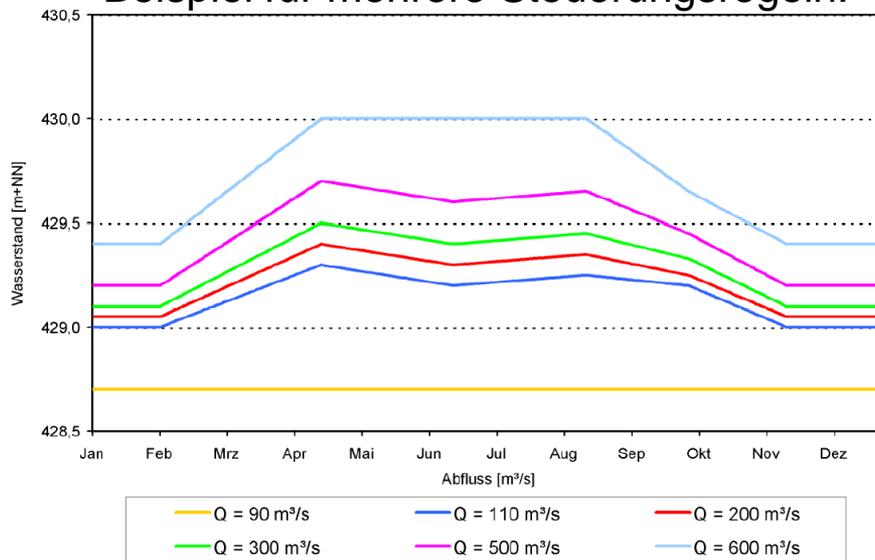
--- Hennetalsperre QZU sim    -.- Hennetalsperre QAB sim    — Hennetalsperre VOL sim

# (Gesteuerte) Seen

## Seen in LARSIM:

- Berechnung über Wasserstand-Abfluss-Kennlinie (Steuerungsregel) und dem Verfahren der Seeretention
- Berechnung als *gesteuerter See* mittels Vorgabe mehrerer Steuerungsregeln für unterschiedliche Zeiträume
- Berechnung als *ungesteuerter See* durch Vorgabe einer Steuerungsregel (Anfangsdatum 1. Januar)

Beispiel für mehrere Steuerungsregeln:



Luzern (2018)

# (Gesteuerte) Seen

## Seen – erforderliche Angaben in LARSIM (<tape10>):

- Lage im Modell (Teilgebiets-Nummer)
- Anzahl der Wertepaare für die Wasserstand-Volumen-Kennlinien
- Wasserstand-Volumen-Kennlinie des Sees (Wasserstand in [m+NN], Volumen (Speicherinhalt) in [1000 cbm])

SEEG	7253	14	Hennetalsperre
* Wst.	Vol.		
* [m]	[1000cbm]		
274.00	0.00		
280.00	256.00		
286.00	1309.00		
292.00	3352.00		
298.00	6443.00		
304.00	10880.00		
310.00	17018.00		
318.00	28319.00		
323.30	37484.20		
323.35	37571.25		
323.65	38095.65		
324.15	38977.65		
324.85	40229.25		
325.75	41867.25		

Die Angaben sind in die LARSIM-Steuerdatei <tape10> einzufügen (Kennung SEEG).

# (Gesteuerte) Seen

## Seen – erforderliche Angaben in LARSIM (<tape10>):

- Steuerungsregeln: Anzahl der Steuerungsregeln, Gültigkeitsdatum der Steuerungsregel (Tag und Monat) und Wasserstand-Abfluss-Kennlinie (Abflussabgabe bei jeweiligem Wasserstand für jede Steuerungsregel)

```
* Anzahl Wertepaare und Anzahl Steuerungsregeln
11 1
* Qab      W
* [cbm/s]  [m]
*      Steu1
01 01
    0.02  275.00
    1.00  285.00
    2.50  295.00
    4.00  315.00
    7.00  318.00
   10.00  320.00
   12.00  323.30
   15.55  323.65
   59.42  324.15
  146.79  324.85
  292.12  325.75
```

*Beispiel mit nur einer Steuerungsregel  
→ ungesteuerter See*

# (Gesteuerte) Seen

## Seen – erforderliche Angaben in LARSIM (<tape10>):

- Steuerungsregeln: Anzahl der Steuerungsregeln, Gültigkeitsdatum der Steuerungsregel (Tag und Monat) und Wasserstand-Abfluss-Kennlinie (Abflussabgabe bei jeweiligem Wasserstand für jede Steuerungsregel)

```
* Anzahl Wertepaare und Anzahl Steuerungsregeln
12 6
* Qab      W
* [cbm/s]  [m]
*
*          Steu1  Steu2  Steu3  Steu4  Steu5  Steu6
01 02 15 04 15 06 15 08 01 10 15 11
 30.0  10.00  10.00  10.00  10.00  10.00  10.00
 50.0  28.50  28.50  28.50  28.50  28.50  28.50
 90.0  28.70  28.70  28.70  28.70  28.70  28.70
100.0  28.90  28.75  29.15  29.15  29.15  28.90
110.0  29.00  29.30  29.20  29.25  29.20  29.00
200.0  29.05  29.40  29.30  29.35  29.25  29.05
300.0  29.10  29.50  29.40  29.45  29.33  29.10
400.0  29.15  29.60  29.50  29.55  29.38  29.15
500.0  29.20  29.70  29.60  29.65  29.45  29.20
600.0  29.40  30.00  30.00  30.00  29.65  29.40
650.0  30.20  30.20  30.20  30.20  30.20  30.20
700.0  50.00  50.00  50.00  50.00  50.00  50.00
*
```

*Beispiel mit mehreren Steuerungsregeln → gesteuerter See*

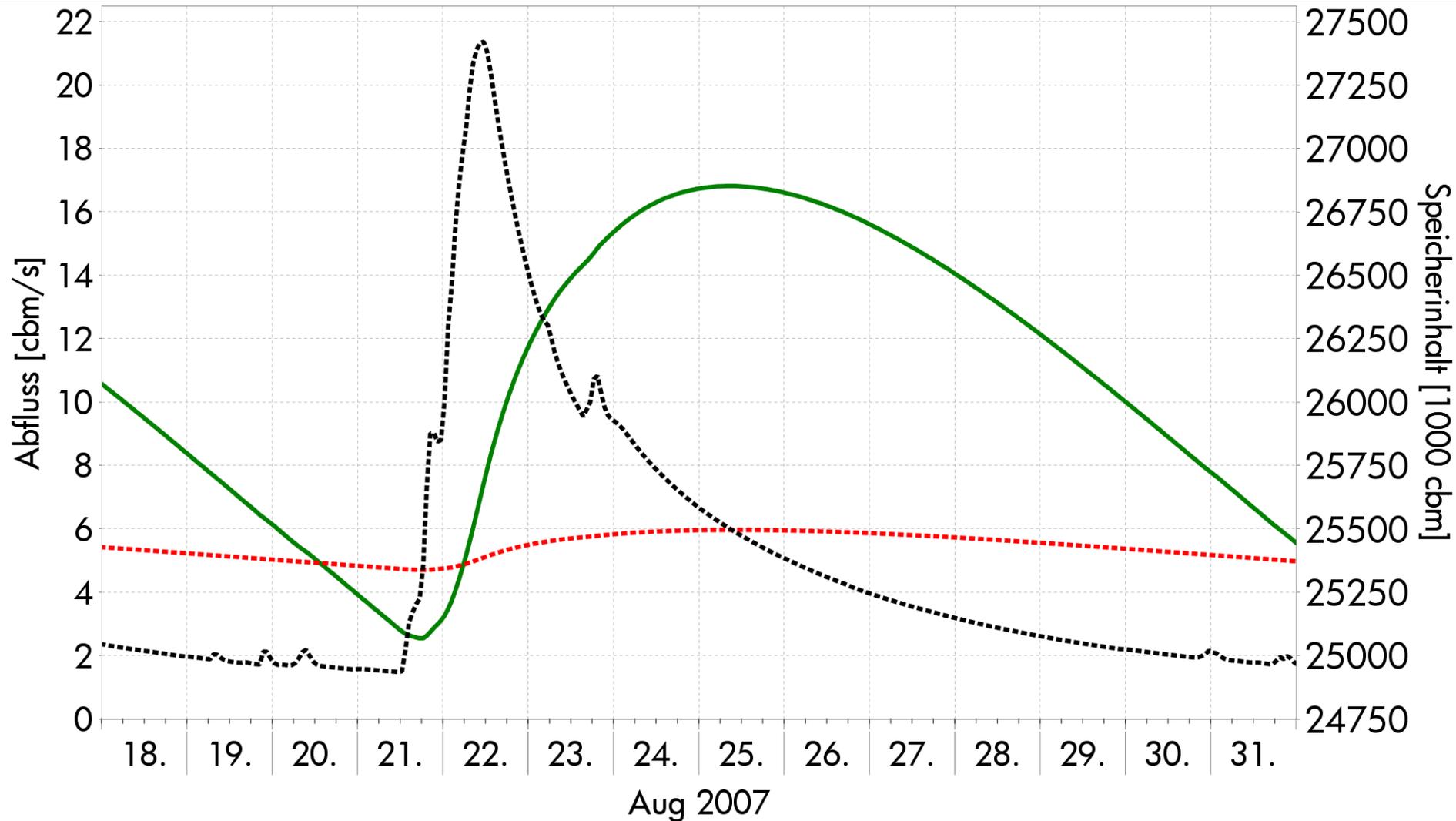
# (Gesteuerte) Seen

## Seen – erforderliche Angaben in LARSIM (<tape10>):

- maximal zulässige Absenkgeschwindigkeit [cm/Tag]
- Anfangsvolumen [1000 cbm]  
(wird nur verwendet, wenn keine Angabe in Zustandsdatei vorliegt)

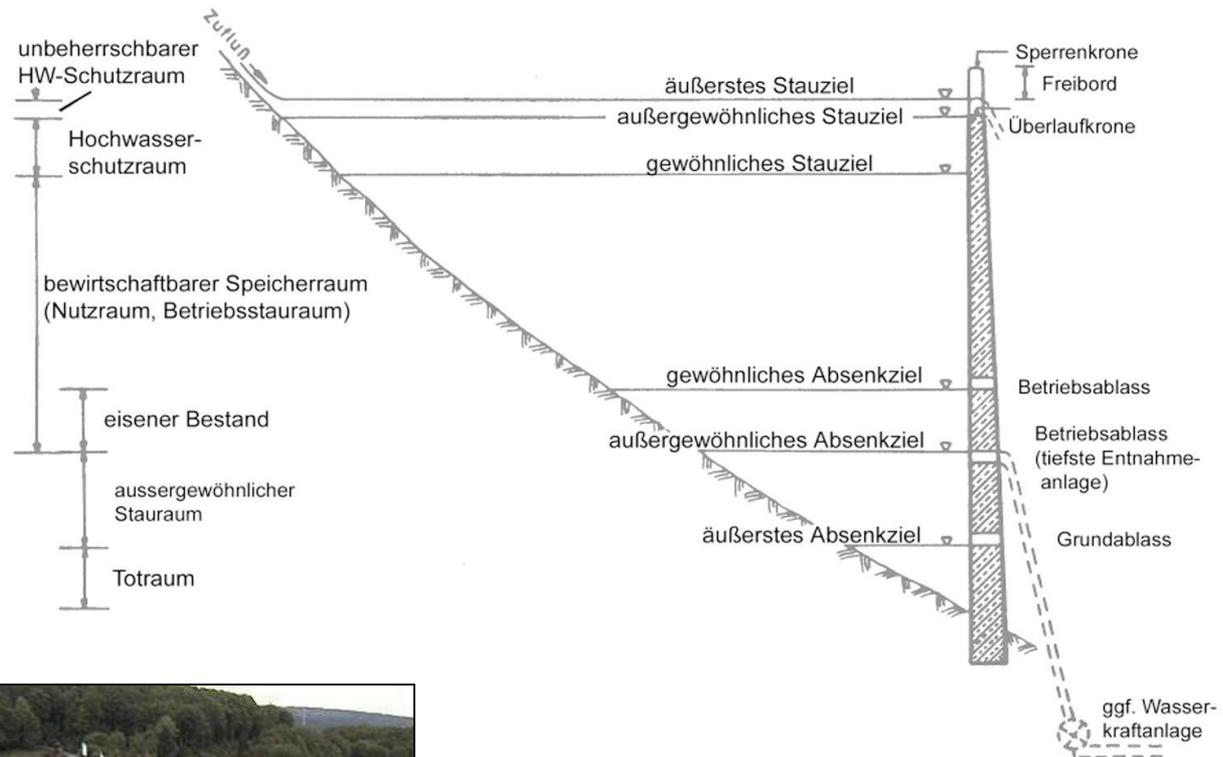
```
9999. maximale Absenkgeschwindigkeit cm/Tag  
* Anfangsvolumen [1000 cbm]  
29212.790
```

# Beispiel gesteuerter See



--- Hennetalsperre QZU sim    -.- Hennetalsperre QAB sim    — Hennetalsperre VOL sim

# Talsperren



# Talsperren

## Talsperre – erforderliche Angaben in LARSIM (<tape10>):

- Lage im Modell (Teilgebiets-Nummer)
- Anzahl der Wertepaare für die Wasserstand-Volumen-Kennlinien
- Wasserstand-Volumen-Kennlinien (Wasserstand in [m+NN], Speichereinhalt in [1000 cbm]) und Abfluss über Hochwasser-Entlastung [m<sup>3</sup>/s]

TALS	7253	14	Hennetalsperre
*	Wst.	Vol.	Leistungsfähigkeit
*	[m]	[1000 cbm]	HQ-Entlastung [cbm/s]
	274.00	0.00	0.00
	280.00	256.00	0.00
	286.00	1309.00	0.00
	292.00	3352.00	0.00
	298.00	6443.00	0.00
	304.00	10880.00	0.00
	310.00	17018.00	0.00
	318.00	28319.00	0.00
	323.30	37484.20	0.00
	323.35	37571.25	0.78
	323.65	38095.65	15.55
	324.15	38977.65	59.42
	324.85	40229.25	146.79
	325.75	41867.25	292.12

Die Angaben sind in die LARSIM-Steuerdatei <tape10> einzufügen (Kennung TALS).

# Talsperren

## Talsperre – erforderliche Angaben in LARSIM (<tape10>):

- maximal zulässige Absenkgeschwindigkeit pro Tag [cm/Tag]
- Volumen Unterkante der Hochwasserentlastung [1000 cbm]

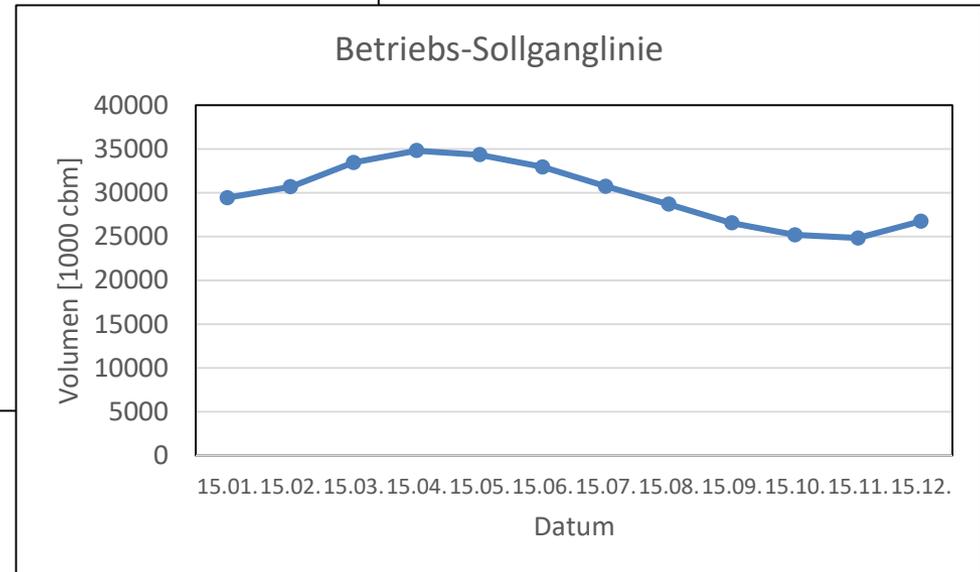
```
* Format f10.3:  
  9999.    maximale Absenkgeschwindigkeit [cm/Tag]  
* Format f10.3:  
37484.2   Inhalt bei UK HW-Entlastung [1000 cbm]
```

# Talsperren

## Talsperre – erforderliche Angaben in LARSIM (<tape10>):

- Betriebs-Sollganglinie: Soll-Speicherinhalt der Talsperre pro Datum mit zulässigen Abgaben (minimaler und maximaler Abfluss)

12	Anzahl	Werte	(Tag	Monat	Soll-Inh.	max. Abgabe	min. Abgabe)
15 01	29425.	12.	0.06				
15 02	30667.	12.	0.06				
15 03	33431.	12.	0.06				
15 04	34789.	12.	0.06				
15 05	34331.	12.	0.06				
15 06	32939.	12.	0.06				
15 07	30731.	12.	0.06				
15 08	28681.	12.	0.06				
15 09	26537.	12.	0.06				
15 10	25185.	12.	0.06				
15 11	24827.	12.	0.06				
15 12	26749.	12.	0.06				



Die Sollganglinie wird für bestimmte Zeitpunkte angegeben.  
LARSIM interpoliert zwischen den Zeitpunkten  
(Option TALSPERRE-SOLL-INTERPOLATION).

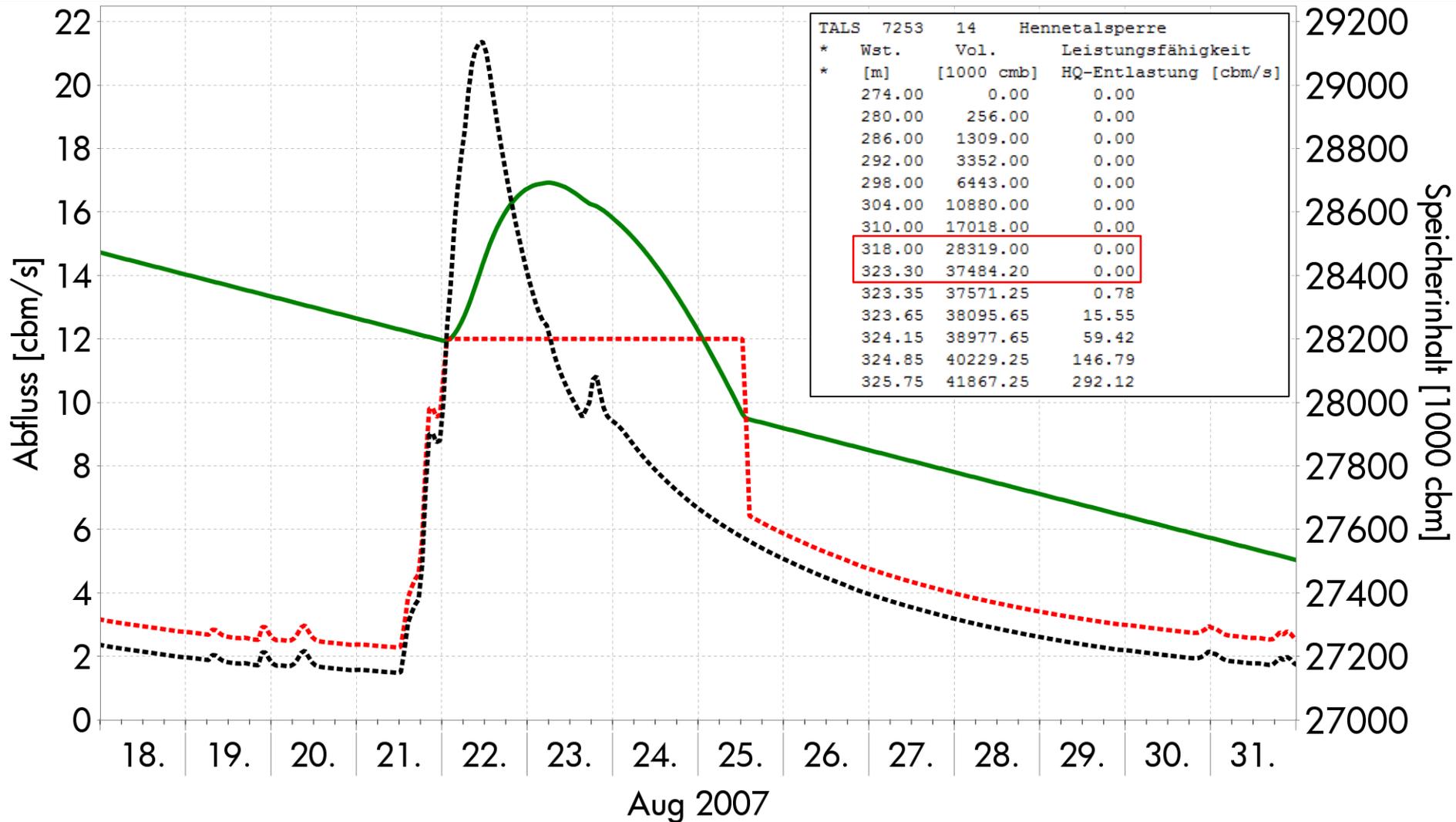
# Talsperren

## Talsperre – Simulation:

- Priorität 1: Abgabe der Mindestwassermenge
- Priorität 2: Nachfahren der Betriebs-Sollganglinie ohne Überschreitung der maximal zulässigen Abgabe
- Priorität 3: Hochwasserrückhalt und Abgabe über die Hochwasser-Entlastung nach dem Verfahren der Seeretention

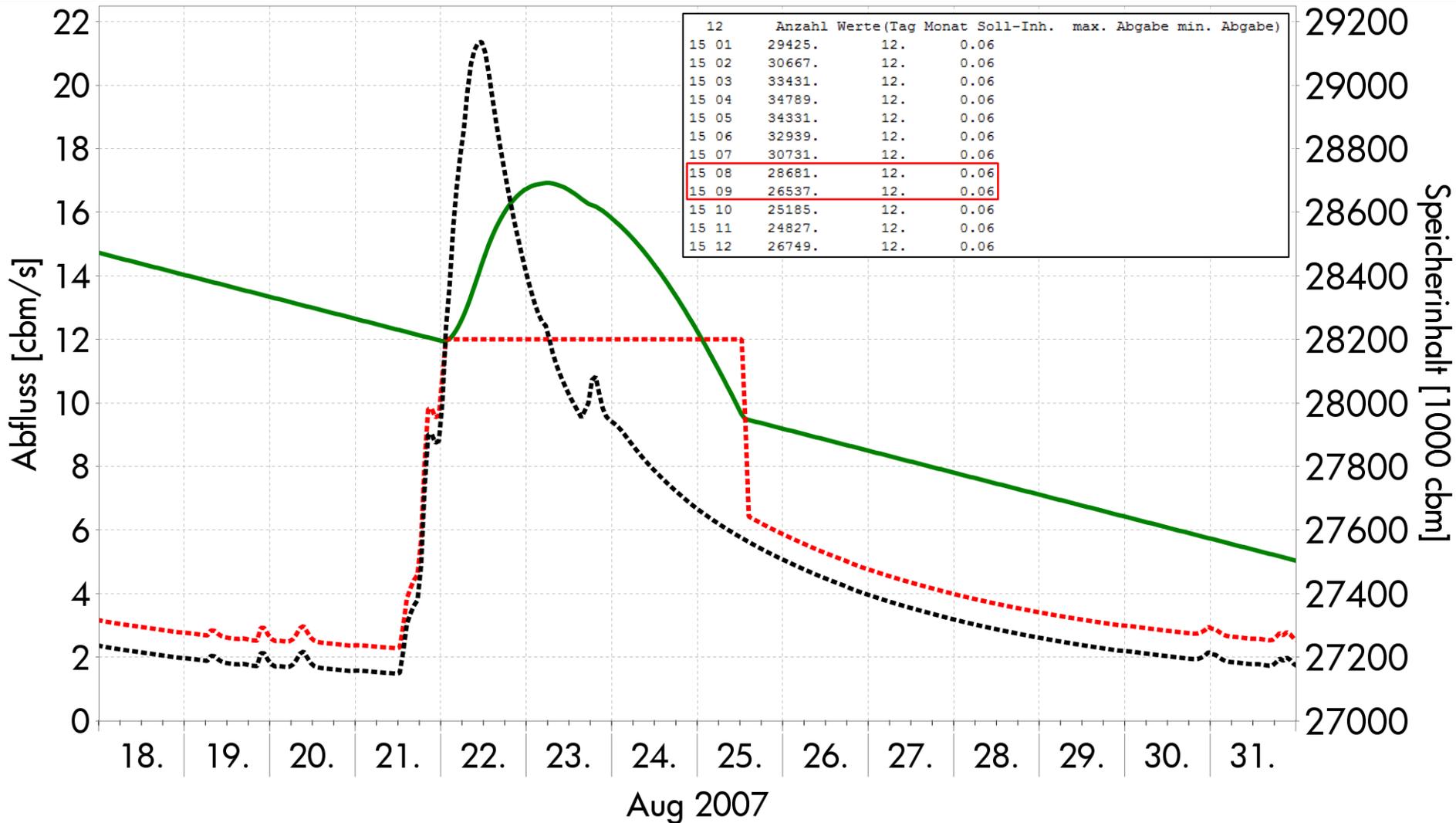
Mittels Option TALSPERRE SOLLRANGE erfolgt ein geglättetes Nachfahren der Vorgaben.

# Beispiel Talsperre



--- Hennetalsperre QZU sim    -.- Hennetalsperre QAB sim    — Hennetalsperre VOL sim

# Beispiel Talsperre



--- Hennetalsperre QZU sim    -.- Hennetalsperre QAB sim    — Hennetalsperre VOL sim

# Verwendung von Messdaten

**Verwendung von Messdaten für Rückhaltebecken und Talsperren (für eine Nachführung im operationellen Modellbetrieb):**

Option:

- Option STAMMDATEN RHB (Steuerdatei <rhb.stm>)

Auswirkungen:

- Berücksichtigung von Messdaten (Inhalt und/oder Abgabe)
- Ausgabe der Ergebnisse  
(bei Anforderung in Spalte ARHB in <punktausgaben.str>)
- Ausgabe der prozentualen Füllung des Rückhaltereaumes

**Beachte:** nur HRB und Talsperren!

Seen werden separat über <pegel.stm> konfiguriert

# Überblick (1/3)

## Allgemeine Funktionsweise der Speicher

Typ	Bedingung	Abgabe
RUEC	Zufluss < Regelabfluss und <u>kein</u> Einstau	Zufluss
	Zufluss > Regelabfluss <u>oder</u> bestehender Einstau, aber HW-Entlastung nicht erreicht	Regelabfluss
	Einstau > HW-Entlastung	Regelabfluss + Abgabe nach V-Q-Beziehung mittels Seeretentionsverfahren
SEEG	–	Nach V-Q-Beziehung mittels Seeretentionsverfahren
TALS	HW-Entlastung nicht erreicht	laut Betriebsregel: Nachfahren des Soll-Volumens unter Beachtung der Vorgaben zu Minimal- und Maximalabfluss und max. Absenkgeschwindigkeit
	HW-Entlastung erreicht	Nach V-Q-Beziehung mittels Seeretentionsverfahren

LEG 2020

# Überblick (2/3)

## Erforderliche Daten für Speicher im <tape10>

RUEC	–	V-Q-Kennlinie mit Regelabfluss und HW-Entlastung (ggf. mehrere mit unterschiedlichen Gültigkeitszeiträumen)	–	–
SEEG	W-V-Kennlinie	W-Q-Kennlinie (ggf. mehrere mit unterschiedlichen Gültigkeitszeiträumen)	maximale Absenkgeschwindigkeit [cm/Tag]	–
TALS	W-V-Q-Kennlinie, mit Q bei HW-Entlastung	jahreszeitlich verschiedene V-Q-Kennlinien (Soll-Volumen mit min. und max. Abgabe)	maximale Absenkgeschwindigkeit [cm/Tag]	Volumen bei Unterkannte der HW-Entlastung

LEG 2020

# Überblick (3/3)

## Übernahme von Messdaten und Nachführung (op. Betrieb)

Typ	Speicherinhalt	Speicherabgabe
RUEC	<p>IPRIN_V = 4 → Übernahme gemessener Inhalt für gesamten Berechnungszeitraum</p> <p>IPRIN_V = 5 → Übernahme gemessener Inhalt bis Vorhersagezeitpunkt</p>	<p>IPRIN_Q = 4 → Übernahme gemessene Abgabe für gesamten Berechnungszeitraum</p> <p>IPRIN_Q = 5 → Übernahme gemessene Abgabe bis Vorhersagezeitpunkt</p> <p>VQKon_Reg, VQKon_Ent = V</p>
TALS	<p>IPRIN_V = 4 → Übernahme gemessener Inhalt für gesamten Berechnungszeitraum</p> <p>IPRIN_V = 5 → Übernahme gemessener Inhalt bis Vorhersagezeitpunkt)</p> <p>IPRIN_V = 6 → Übernahme gemessener Inhalt bis Vorhersagezeitpunkt und Annahme konstantes Volumen im VHS-Zeitraum</p>	<p>IPRIN_Q = 4 → Übernahme gemessene Abgabe für gesamten Berechnungszeitraum</p> <p>IPRIN_Q = 5 → Übernahme gemessene Abgabe bis Vorhersagezeitpunkt</p> <p>IPRIN_Q = 6 → Übernahme gemessene Abgabe bis Vorhersagezeitpunkt und Annahme konstante Abgabe im VHS-Zeitraum</p>
SEEG	<p>Ari_xQ = J → Verschiebung W/V im VHS-Zeitraum ohne Auswirkung auf die Abgabe</p> <p>Ari_xQ = V → zuerst Verschiebung der W-Q-Beziehung und dadurch Nachführung W/V im gesamten Berechnungszeitraum mit Auswirkung auf Abgabe und anschließend erneute Korrektur wie bei Ari_xQ = J</p> <p>UDD = 1 → W vorgegeben und Berechnung V anhand W-V-Beziehung (im gesamten Berechnungszeitraum)</p>	<p>UDD = 1 → vorgegebene Abgabe und Berechnung W/V anhand Kontinuitätsgleichung aus vorgegebener Abgabe und Zufluss (im gesamten Berechnungszeitraum)</p> <p>UDD = 2 → vorgegebene Abgabe und Berechnung von W/V anhand Steuerungsregel in Abhängigkeit von der vorgegebenen Abgabe (bis zum VZP)</p>

LEG 2020

Die Angaben zu RUEC und TALS beziehen sich auf die Einstellungen in der <rhb.stm> (Option STAMMDATEN RHB).

Die Angaben zu SEEG beziehen sich auf die Einstellungen in der <pegel.stm>.

# Literatur

LEG (2020): Übersicht LARSIM-Speicherbauwerke RUEC, TALS und SEEG. Autor: F. Köck (Bayerisches Landesamt für Umwelt) für die LARSIM-Entwicklergemeinschaft (unveröffentlicht)

Luzern (2018): <http://www.luzern.com/de/nadelwehr>

Maniak, U. (2016): Hydrologie und Wasserwirtschaft: Eine Einführung für Ingenieure. Springer-Verlag

Wikipedia (2020): <https://de.wikipedia.org/wiki/Hennetalsperre>