



**LARSIM-Anwenderworkshop  
10./11. April 2008 im HLUG-Wiesbaden**

# **Theorie des Speichersteuerungs- moduls 'SPEMO' in LARSIM**

*Steuerung von Rückhalteräumen*

*Berechnungsmethoden in LARSIM*

*Beispiele für Steuerungssysteme*

*Optimierung der Speicherabgabe*



# Die Speichersteuerung

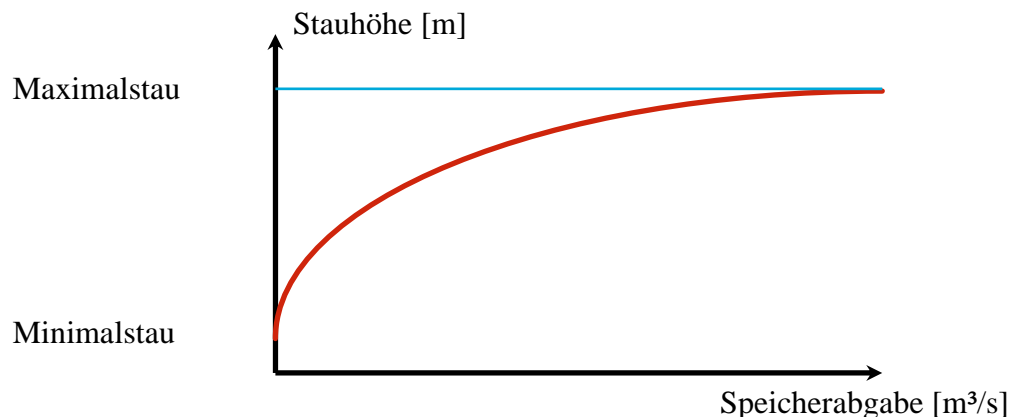
Die Speichersteuerung erfolgt sowohl für Einzelspeicher als auch für Speichersysteme nach einer **Betriebsregel**. Generell sind folgende Betriebsregeln zu unterscheiden:

## ☒ Ungesteuerte Abgabe

Die Abgabe wird vornehmlich durch den Speicherinhalt und durch die bauliche Gestaltung des Auslassorgans bestimmt.

Typische Beispiele sind natürliche Seen und kleinere Weiher mit Mönchbauwerken oder ähnlichen.

$$Q_A = f(\text{Leistung der Betriebseinrichtung, Stauhöhe})$$



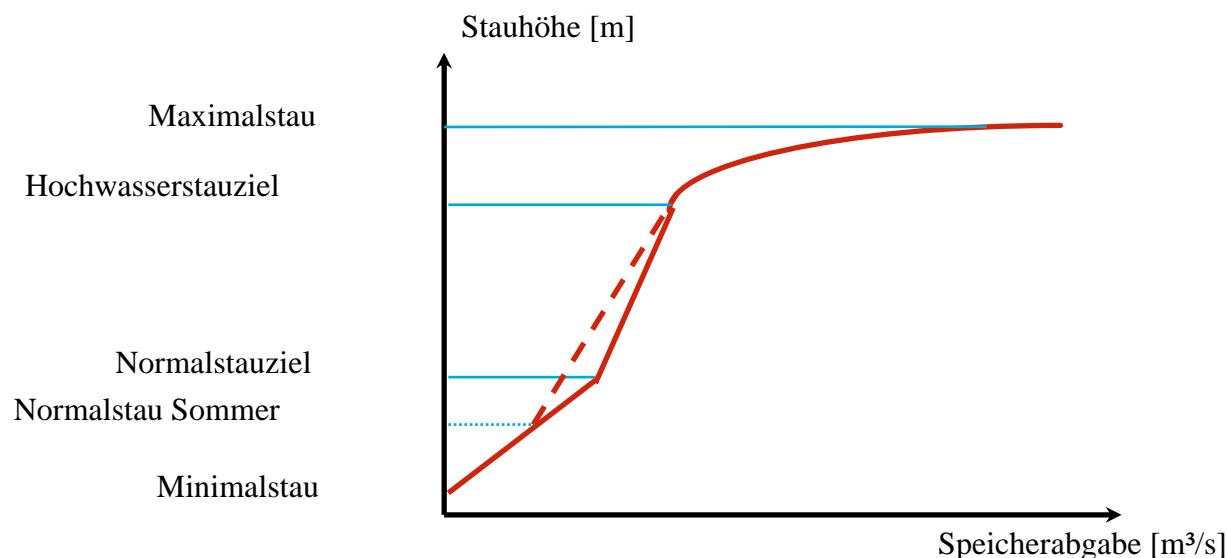


## ☒ Gesteuerte Abgabe nach fester Regel

Die Abgabe wird durch eine feste Betriebsregel vorgegeben, die die Stauhöhe und damit den Zufluss und weitere Randbedingungen berücksichtigt. Diese können von der Jahreszeit, von Betriebszuständen und von baulichen Bedingungen abhängen.

Typische Beispiele sind z.B. die meisten staatlichen Speicher in Bayern.

$$Q_A = f(\text{Stauhöhe}, \text{Zufluß}, \text{Jahreszeit} \dots)$$





## ☒ Adaptive Steuerung

Die Abgabe wird durch die gleichen Randbedingungen wie bei der Abgabe nach fester Regel beeinflusst, hinzu kommt jedoch die Steuerung nach Abflüssen (weit) unterhalb des Speichers und damit die stärkere Abhängigkeit vom Einzelereignis. Um diese Ereignisabhängigkeit zu gewährleisten, wird keine feste Beziehung zwischen Stauhöhe und Abgabe vorgegeben, sondern ein möglicher Steuerungsraum. Mögliche Speicherabgaben werden innerhalb dieses Raumes bezüglich ihrer Auswirkungen auf die Randbedingungen untersucht und eine günstige Abgabegangleinie festgelegt. Dieser Suchprozess wird **Speicher(abgabe)optimierung** genannt. Die Steuerung muß während des Ereignisses immer wieder an den Ereignisverlauf oberhalb und unterhalb des Speichers angepaßt werden und ist damit adaptiv.

Ein Beispiel für diese Steuerung ist z.B. der Sylvensteinspeicher, der auch in Abhängigkeit von den Abflüssen in Bad-Tölz und München gesteuert wird.

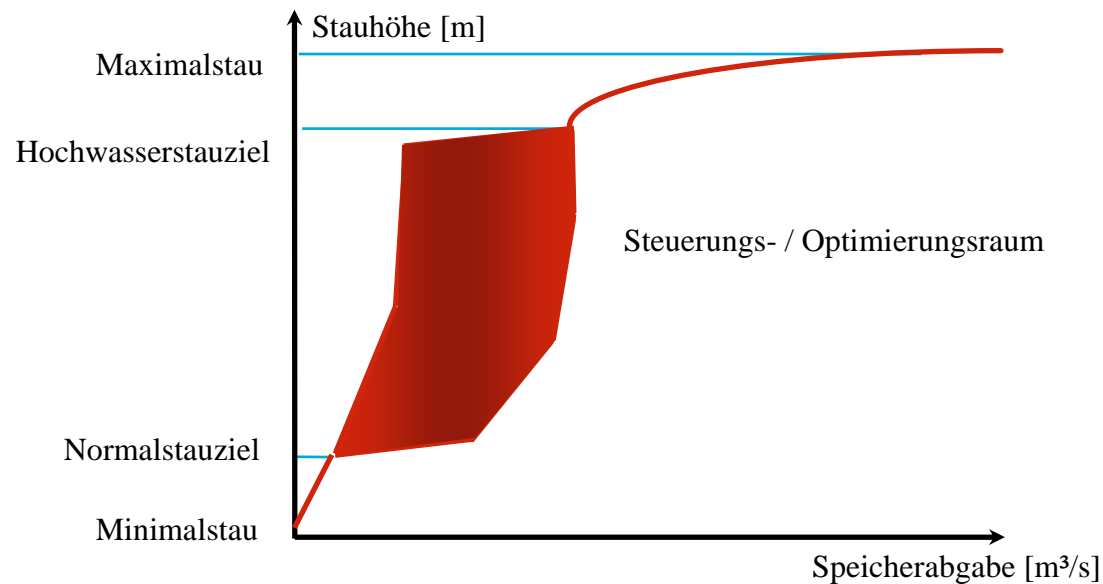


## ☒ Adaptive Steuerung

$$Q_A = f(\text{Stauhöhe, Zufluß, Abfluß, Jahreszeit...})$$

$$\text{Abfluß} = f(Q_A)$$

durch die rekursive Beziehung ist die Gleichung nicht mehr eindeutig lösbar.





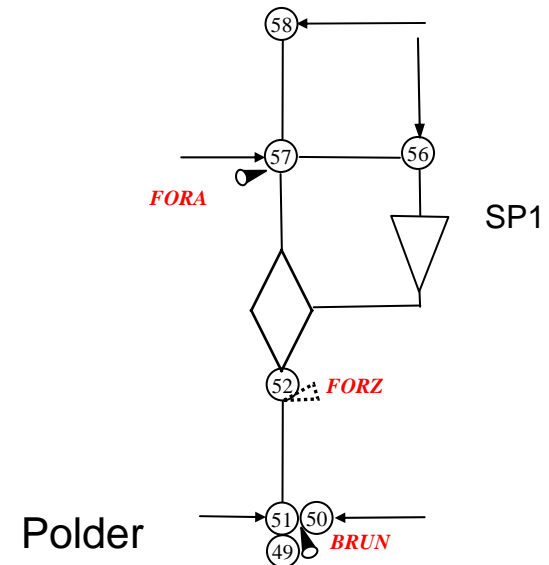
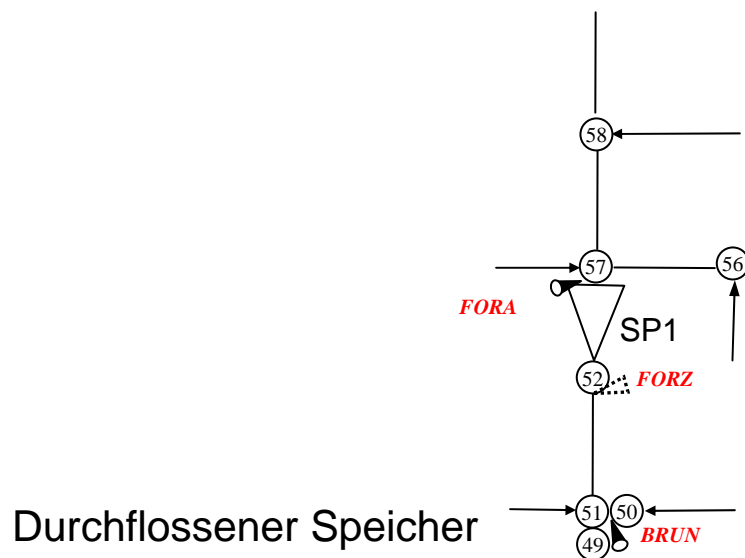
# Speicherberechnung in oder mit LARSIM:

- ✓ konstante Regelabgabe ohne Volumenbeschränkung
- ✓ konstante Regelabgabe mit Hochwasserentlastung
- ✓ Abgabe nach Volumen - Abfluss – Beziehung
- ✓ Abgabe vorgegeben
- ✓ **Speicheroptimierung (ehemals: Programm SPEMO)**
- ✓ Sonstiges:
  - Jahreszeitlich veränderliche Regelabgaben
  - Speichersteuerung auf unterhalb gelegenen Abflussquerschnitt
  - Speicherberechnung mit Aufteilung der Speicherabgabe in zwei Elemente



# Optimierbare Speicherarten

- Durchflossene Speicher (Speicher im Gewässer)  
optimiert wird die Abgabe
- Polder (Speicher im Nebenschluss)  
optimiert werden kann der Zufluss und die Abgabe  
In LARSIM wird der Zufluss optimiert und die Abgabe vorgegeben





# Optimierbare Speichersysteme

- Einzelspeicher
- nebeneinander liegende Speicher (Parallelspeicher)
- hintereinander liegende Speicher (Reihenspeicher)
- Speichersysteme aus Parallel- und Reihenspeichern
- mehrere unabhängig steuerbare Speicher und Speichersysteme in einem Modellgebiet

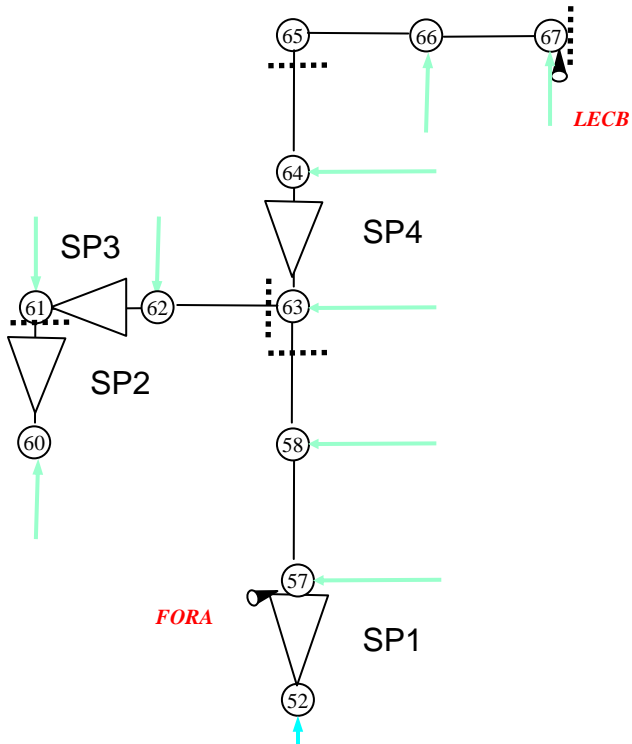
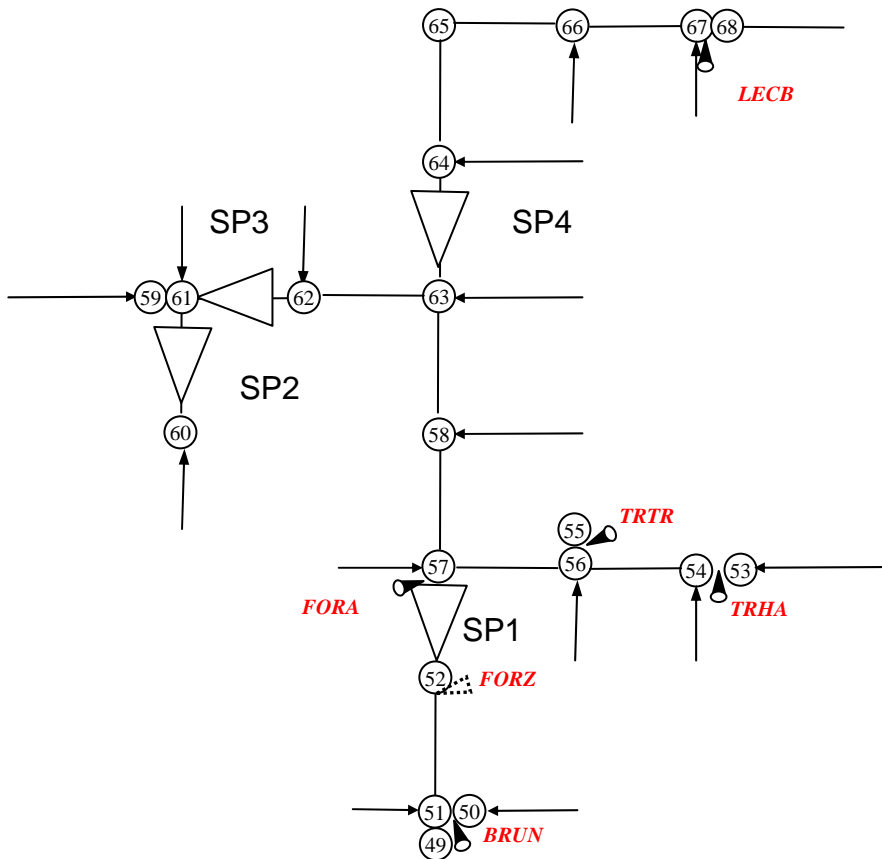
## Bestandteile eines steuerbaren Speichersystems

- ein oder mehrere steuerbare Speicher und/oder Polder
- Steuerquerschnitte (möglichst mindestens einer pro Speicher)
- Gewässerteilstrecken die zwischen den Speichern und Poldern liegen





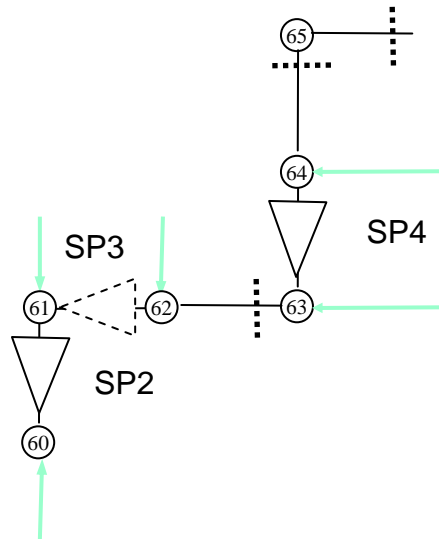
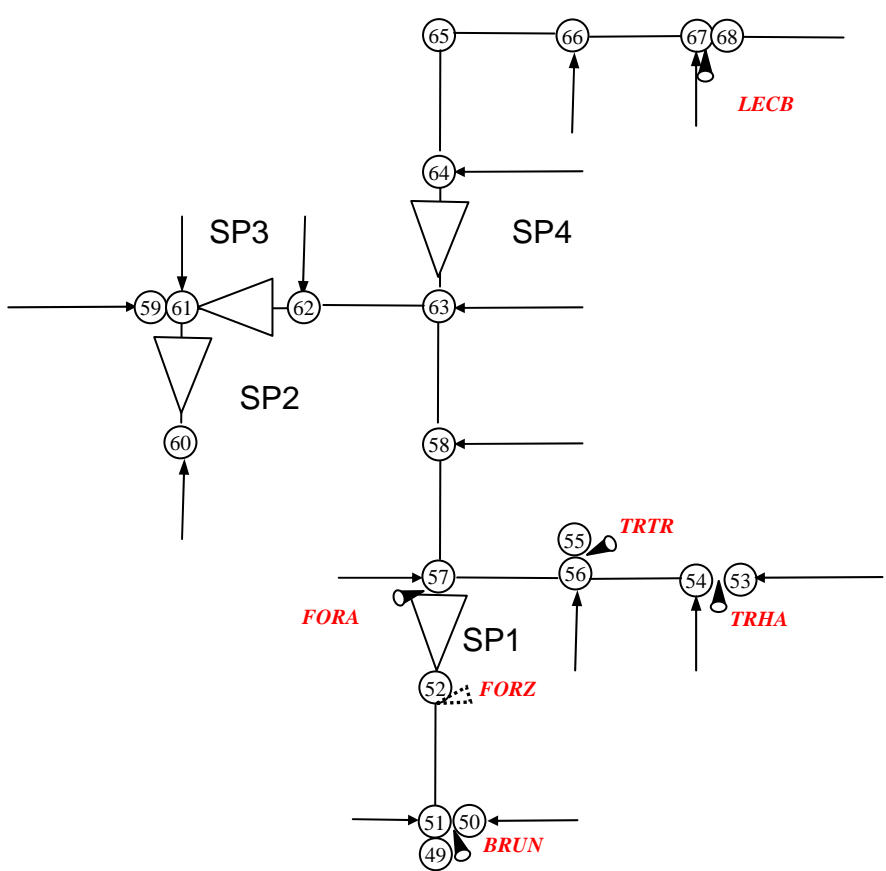
# Beispiele für Speichersysteme in LARSIM



4 Speicher in einem Speichersystem  
 4 Steuerquerschnitte oder mehr  
 letzter STQ Pegel LECB



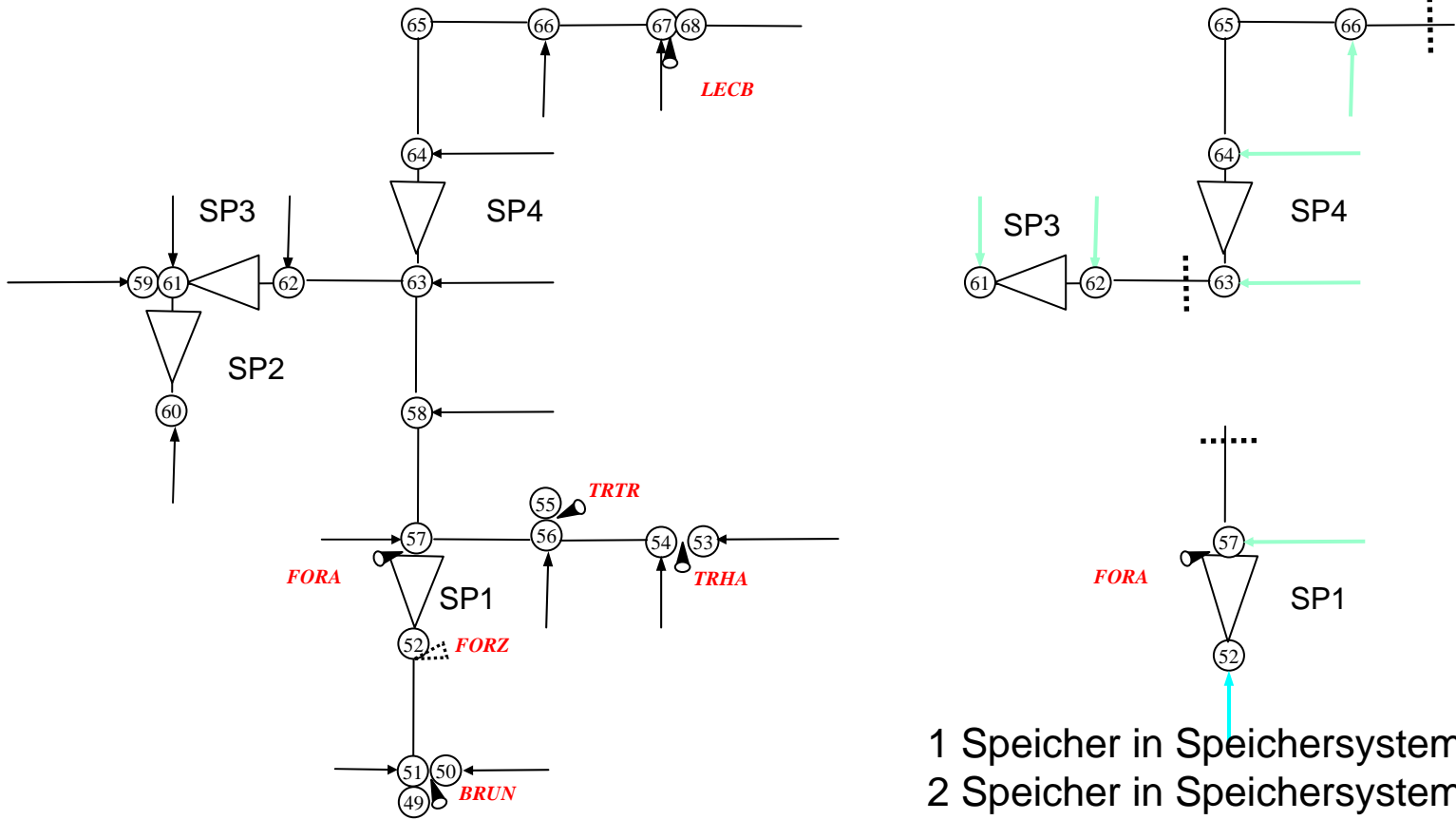
# Beispiele für Speichersysteme in LARSIM



SP1 und SP3 nicht steuerbar  
2 Steuerquerschnitte oder mehr  
letzter STQ TGB65



# Beispiele für Speichersysteme in LARSIM



- 1 Speicher in Speichersystem 1
- 2 Speicher in Speichersystem 2
- letzter STQ SPS1 57; SPS2 66



# Berechnungsmöglichkeiten in Spemovariante

- Vorgabe der Speicherabgabeganglinien im Vorhersagezeitraum. Nach Berechnung des Speichersystems wird der Berechnungslauf in LARSIM gestoppt, so dass die Speicherabgabeganglinien variiert und das System neu berechnet werden kann. Das restliche Modellgebiet wird dann auf Anforderung berechnet.
- minimale konstante Abgabe aus einem Speicher, bzw. maximale konstante Kappung einer Ganglinie bei der Polderfüllung, so dass im Steuerungszeitraum der Speicher bzw. Polder gefüllt wird (iterative Berechnung)
- Optimierung der Speicherabgabe auf Grund der Abflussverhältnisse unterhalb des Speichers bzw. des Speichersystems)



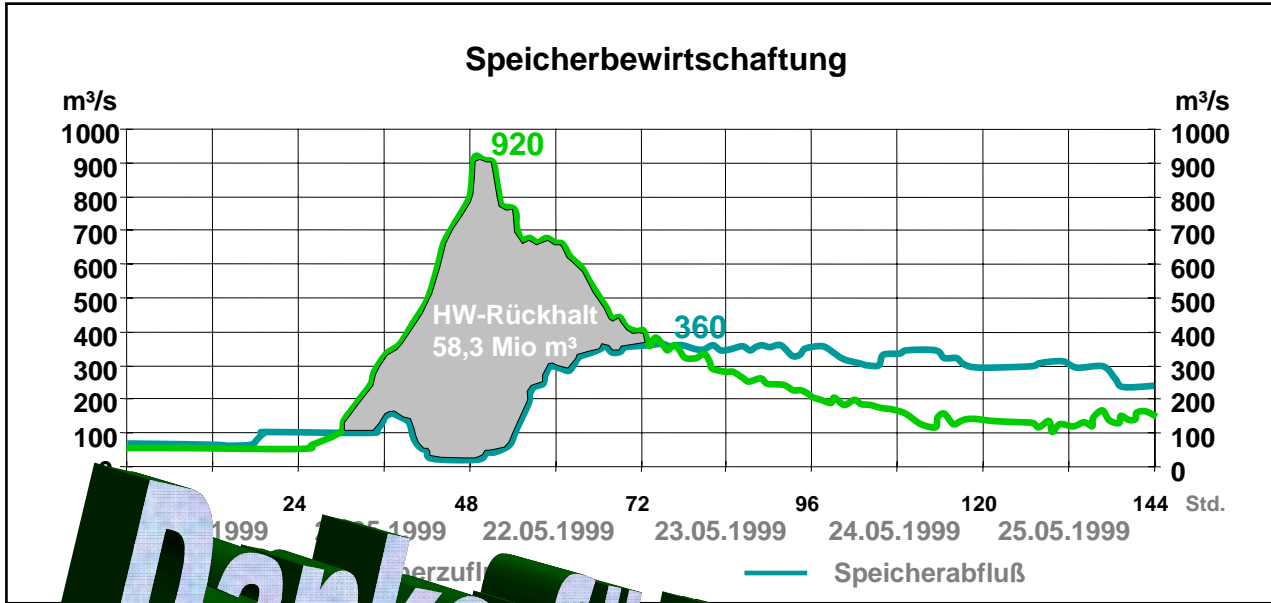
# Optimierung der Speichersysteme

- Optimierungsverfahren: Gauss-Marquardt-Verfahren
- Optimierte Parameter: Abgaben aus dem bzw. den Speichern bzw. Zuflüsse zu dem bzw. den Poldern für vorgegebene Zeitintervalle ( $\geq$  dem Diskretisierungsintervall)
- Optimierter Zeitraum: in der Regel der Vorhersagezeitraum, bei der Simulation auch der Gesamtzeitraum
- Optimierungsziel:
  - Minimierung der Schadensfunktionen an den Speicher und den Steuerquerschnitten
  - Minimierung der Abweichungen von Sollbedingungen an den Poldern und Speichern, den Abweichungen von den Sollfunktionen an den Steuerquerschnitten mit Wichtung untereinander und für unterschiedliche Abflussbereiche und Wichtung des Volumenausgleichs zwischen Speichern



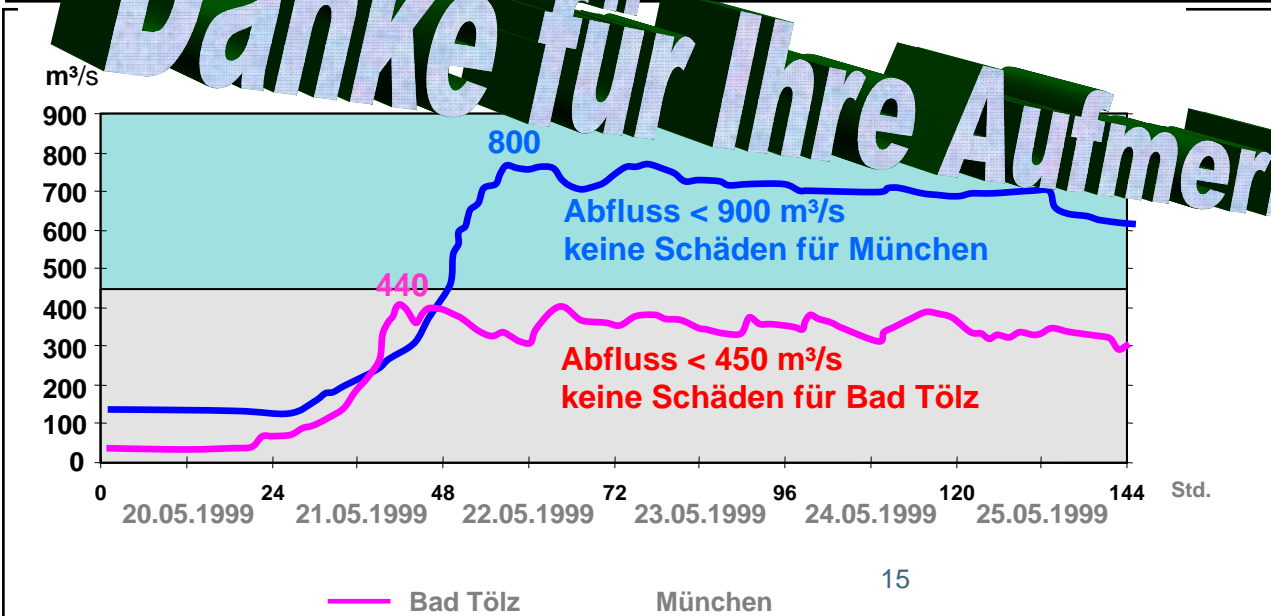
# Konsequenzen aus dem Optimierungsverfahren

- Vorteil: Berechnungsschema LARSIM kann weitgehend beibehalten werden
- Nachteil:
  - Parameter müssen als unabhängig voneinander betrachtet werden.
    - sprunghafte Änderungen aufeinander folgender Parameter (Abgaben) können erst nach einem Optimierungsdurchlauf geglättet werden. Technisch mögliche Abgabeänderungen auf Basis des Berechnungsintervalles werden erst nach Ende der Optimierung berücksichtigt
    - Zeitbereiche mit Verletzung des optimierbaren Speichervolumens können ebenfalls nur zwischen und nach den Optimierungsdurchläufen behandelt werden.
  - Parametergrenzen müssen während eines Optimierungsvorganges konstant angesetzt werden
    - Parametergrenzen müssen nach einem Optimierungslauf neu festgelegt werden
    - Die Startlösung für die Optimierung sollte in der Nähe des vermuteten Optimums liegen
  - Zeitintervalle mit konstanter Abgabe sind abhängig von den (variablen) Routingeffekten und der Fließzeit zwischen Speichern und Steuerquerschnitten.
- Folge: mehrere Optimierungsvorgänge mit nachträglicher Korrektur und "lange" Steuerungszeitintervalle



**HOCHWASSER-  
BEWIRTSCHAFTUNG  
SYLVENSTEINSPEICHER,  
Ereignis Pfingsten 1999**

Danke für Ihre Aufmerksamkeit



**Max. Abfluß in Bad Tölz  
ca. 440  $m^3/s$**