



## Ergebnisse der Simulation des KWK

Stand: 6.12.2010

Autor: Klaus Christ (STZ-IDA)

Version	
<b>2.0 vom 3.12.2010</b>	<b>Neu: Kapitel 13 Simulationsläufe September bis November 2010</b>

## Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines .....	3
2	Simulation Hochwasser 1978 mit dem originalen Regelalgorithmus .....	3
3	Simulation Hochwasser 1919 mit dem originalen Regelalgorithmus .....	9
4	Simulation Hochwasser 1957 mit dem originalen Regelalgorithmus .....	12
5	Vorschläge für weitere Untersuchungen .....	14
5	Vorschläge für weitere Untersuchungen .....	15
6	Simulation Hochwasser 1919 mit geänderten Regelparametern .....	16
7	Simulation Hochwasser 1919 mit geänderter DQ-Ermittlung .....	18
8	Simulation Hochwasser 1919 mit geänderten Regelparametern (gedachter Motor) .....	20
8.1	Zusammenfassung: .....	24
9	Gefundene Probleme .....	25
9.1	Inkonsistente Angaben für zu erreichendes dQ bei Betriebsart Vorentleerung und große Retention .....	25
9.2	Volumenberechnungen / H-Soll-Vorgabe D19 .....	25
9.3	Tabelle VHD19.ftbl .....	25
9.4	Grund für instabiles Regelverhalten .....	26
9.4.1	Theoretische Betrachtung .....	26
9.4.2	Darstellung der Totzeit am Beispiel: .....	26
9.4.3	Analyse des tatsächlichen Regelverhaltens: .....	26
9.5	Zeitweiser Ausfall von Pegel D19 .....	27
9.6	Verwendbarkeit der Bernhard-Tabellen .....	28
10	Verbesserungsvorschläge .....	29
10.1	Neuer Regelalgorithmus V1 .....	30
10.2	Neuer Regelalgorithmus V2 .....	32
10.3	Neuer Regelalgorithmus V2.1 mit HW 1957 .....	38
10.4	Neuer Regelalgorithmus V2.1 mit HW 1978 .....	45
11	Simulationsläufe nach der Besprechung vom 9.2.2010 .....	50
11.1	HW 1978 mit dem originalen Regelalgorithmus V 2.1 .....	50
12	Geplante Aktionen ( Stand 4.3.2010) .....	56
13	Simulationsläufe September bis November 2010 .....	57



13.1	Simulationslauf HW 1978 (27.10-3.11) mit Regelalgorithmus V3.....	58
13.1.1	Gesamtverlauf.....	59
13.1.2	Pegel D19 und Volumen.....	60
13.1.3	D19 und Abfluss Kehl Kronenhof.....	61
13.1.4	Detailbetrachtung Normalstau / Kippbetrieb / Vorentleerung / Retention.....	62
13.1.5	Entleeren.....	63
13.1.6	Kippbetrieb und Normalstau nach dem Entleeren.....	64
13.2	Simulationlauf HW 1957 (12.-19.11.2010) mit Regelalgorithmus V3 .....	65
13.2.1	Gesamtverlauf.....	65
13.2.2	Vorentleerung .....	66
13.2.3	Entleeren.....	68
13.3	Simulationslauf HW 1882 mit Regelalgorithmus V3 .....	69
13.3.1	Gesamtverlauf.....	70
13.3.2	Pegel D19 und Volumen.....	71
13.3.3	Detailbetrachtung Vorentleerung .....	72
13.3.4	Übergang „Retention“ => „Ende Retention“ .....	73
13.3.5	Entleeren.....	74
14	Anhang .....	75
14.1	Anpassungen an das aktuelle Reglement.....	75
14.2	Abflusstabelle QKWK.ftbl .....	77
14.3	Algorithmus Schützsteuerung wie er bisher implementiert ist: .....	78
14.4	Simulationsparameter .....	79

## 1 Allgemeines

Die Simulation wurde jeweils mit folgenden Initialwerten gestartet:

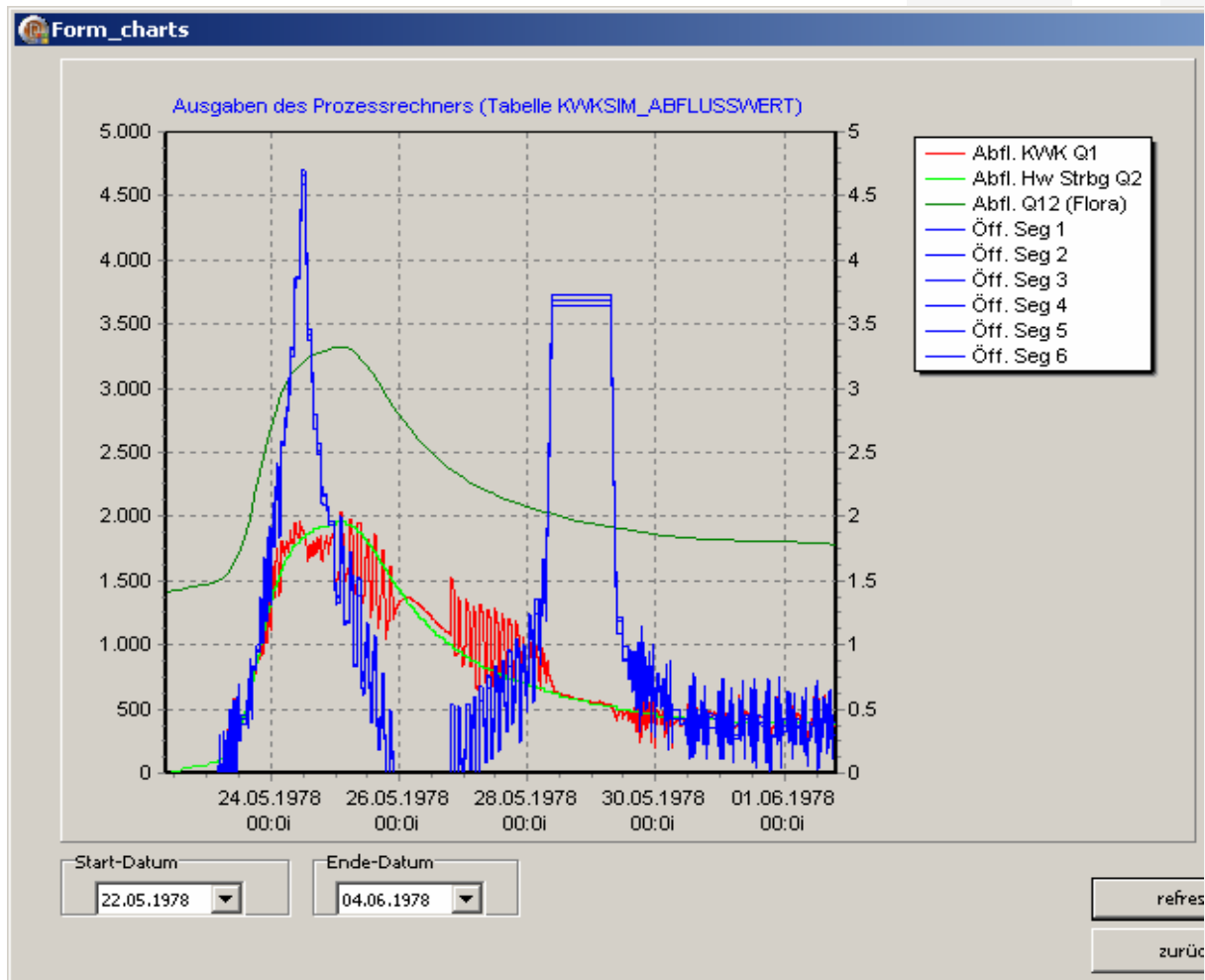
Pegel D19: 140,0 Volumen KWK:6,54 Mio CBM

Im Simulationsbetrieb wechselt der Prozessrechner automatisch auf die vorgeschlagene Betriebsart.

## 2 Simulation Hochwasser 1978 mit dem originalen Regelalgorithmus

Simuliertes Zeitintervall: 22.5.1978 00:00 bis 1.6.1978

Realzeit: 28.8.2009 09:55 bis 7.9.2009



**Abbildung 1 Hochwasser 1978**

Rechte Y-Achse: Segmentöffnungen in Meter (blaue Kurven)

Linke Y-Achse: Abfluss in cbm (restliche Kurven)



Betriebsarten:

Echtzeit	Simulationszeit	Betriebsart
28.08.2009 14:20	22.05.1978 04:25	Normalstau
29.08.2009 22:12:25		Kippbetrieb
29.08.2009 22:19:56		Normalstau
29.08.2009 23:40:13		Kippbetrieb
30.08.2009 00:00:17		Normalstau
30.08.2009 02:50:45		Kippbetrieb
30.08.2009 03:20:51		Normalstau
30.08.2009 03:50:56		Kippbetrieb
30.08.2009 04:41:07		Normalstau
30.08.2009 05:06:11		Kippbetrieb
30.08.2009 11:13:14	24.05.1978 01:17	Vorentleerung
30.08.2009 21:57:32	24.05.1978 12:01	Retention
01.09.2009 19:57:34	26.05.1978 10:01	Entleeren
04.09.2009 16:35:01	29.05.1978 06:39	Normalstau

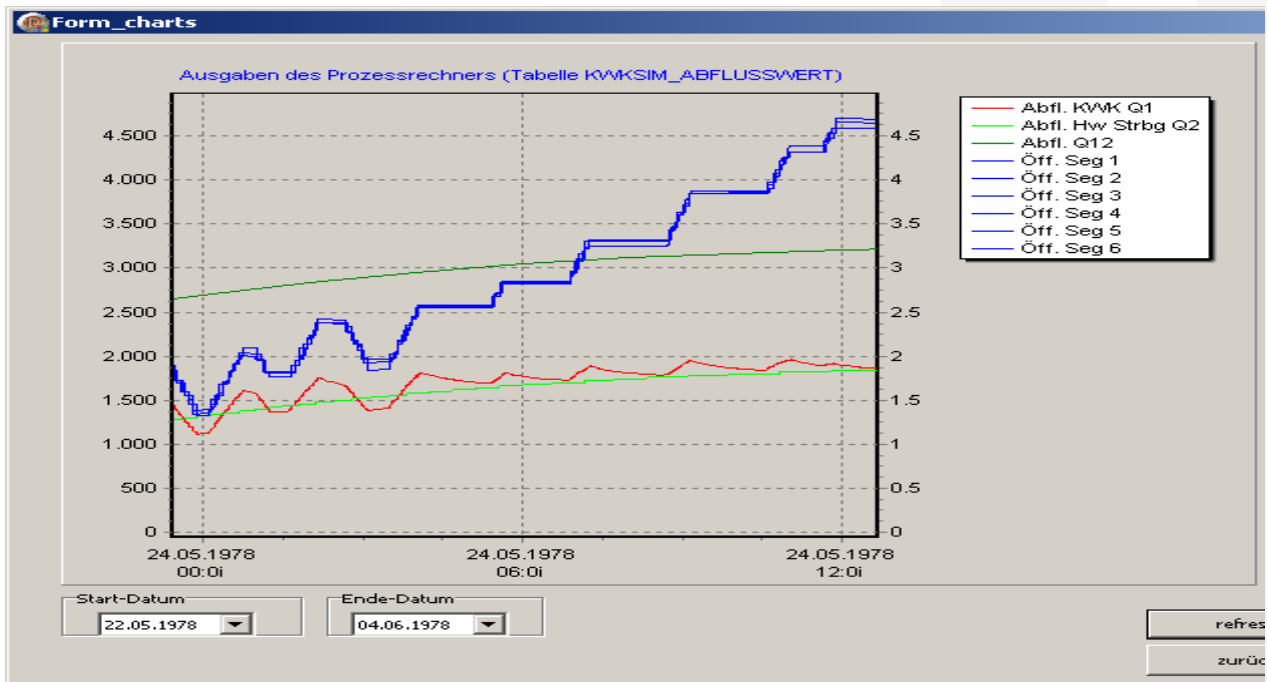
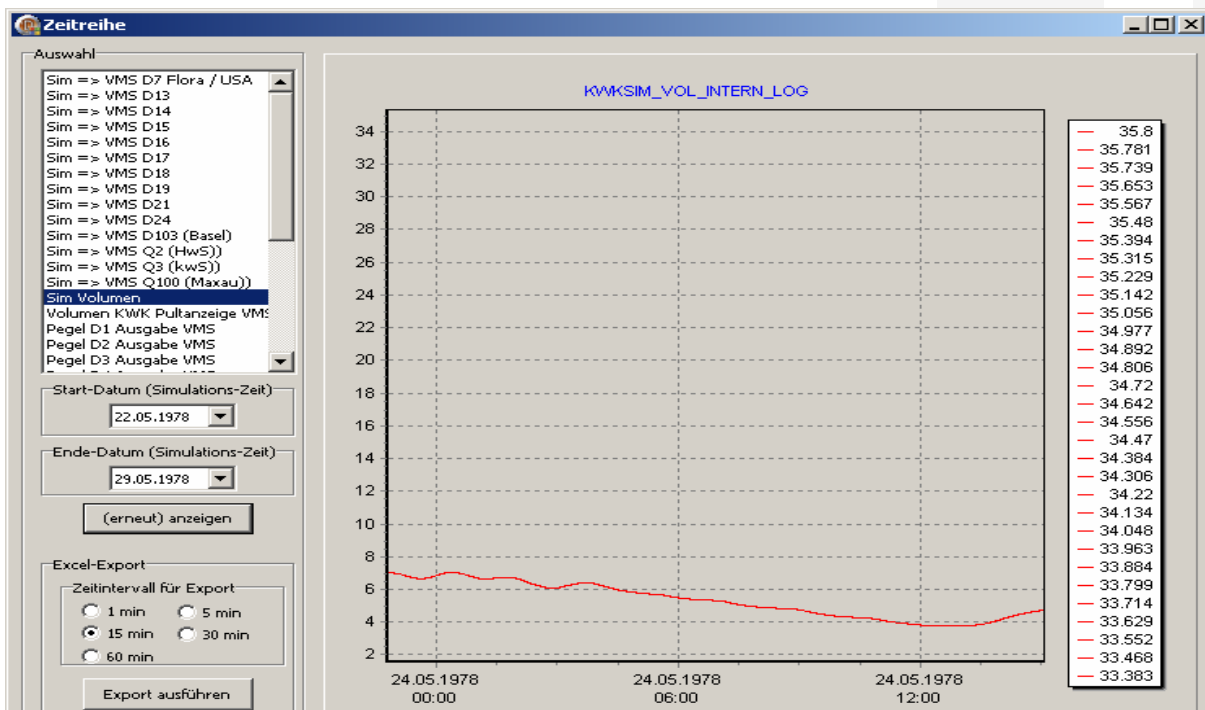


Abbildung 2 Detailaufnahme Vorentleerung (24.05.1978 01:17 bis 24.05.1978 12:01)



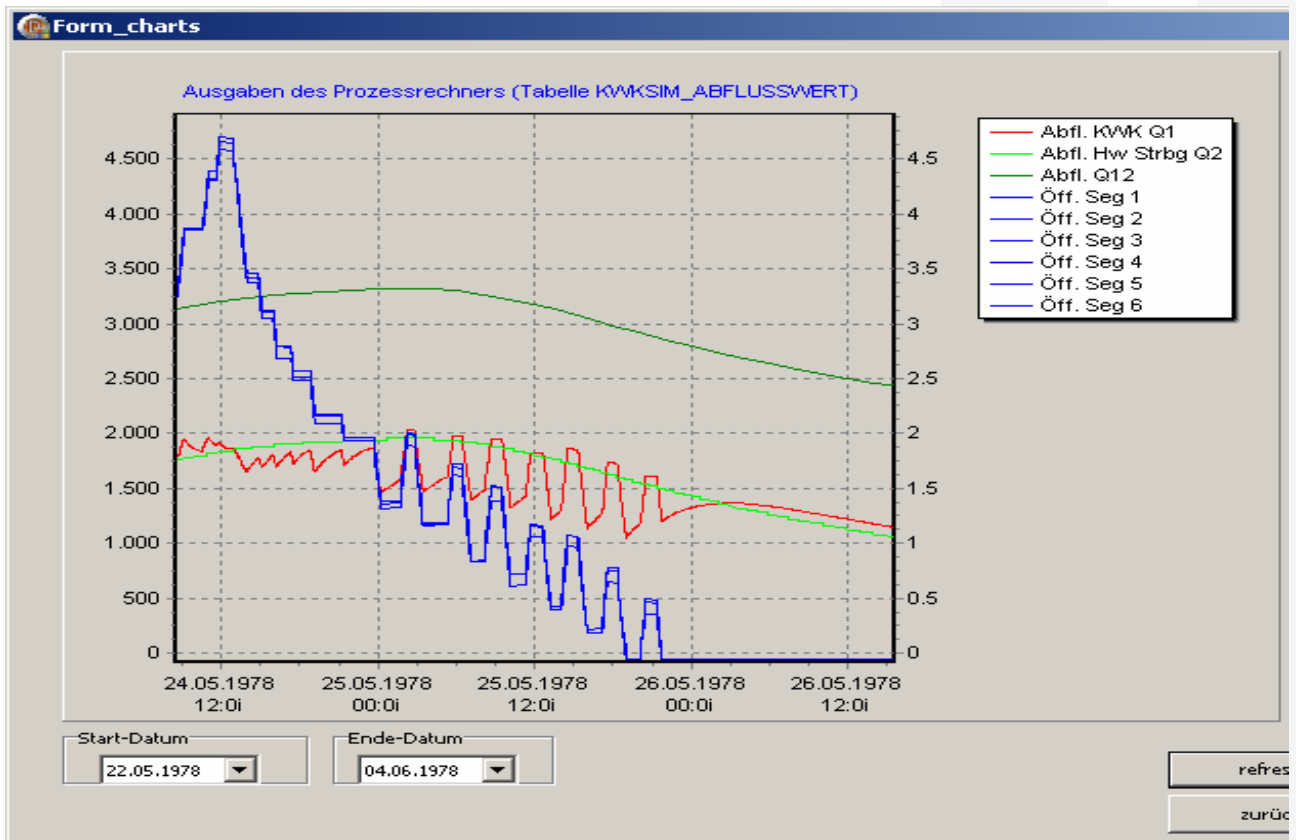
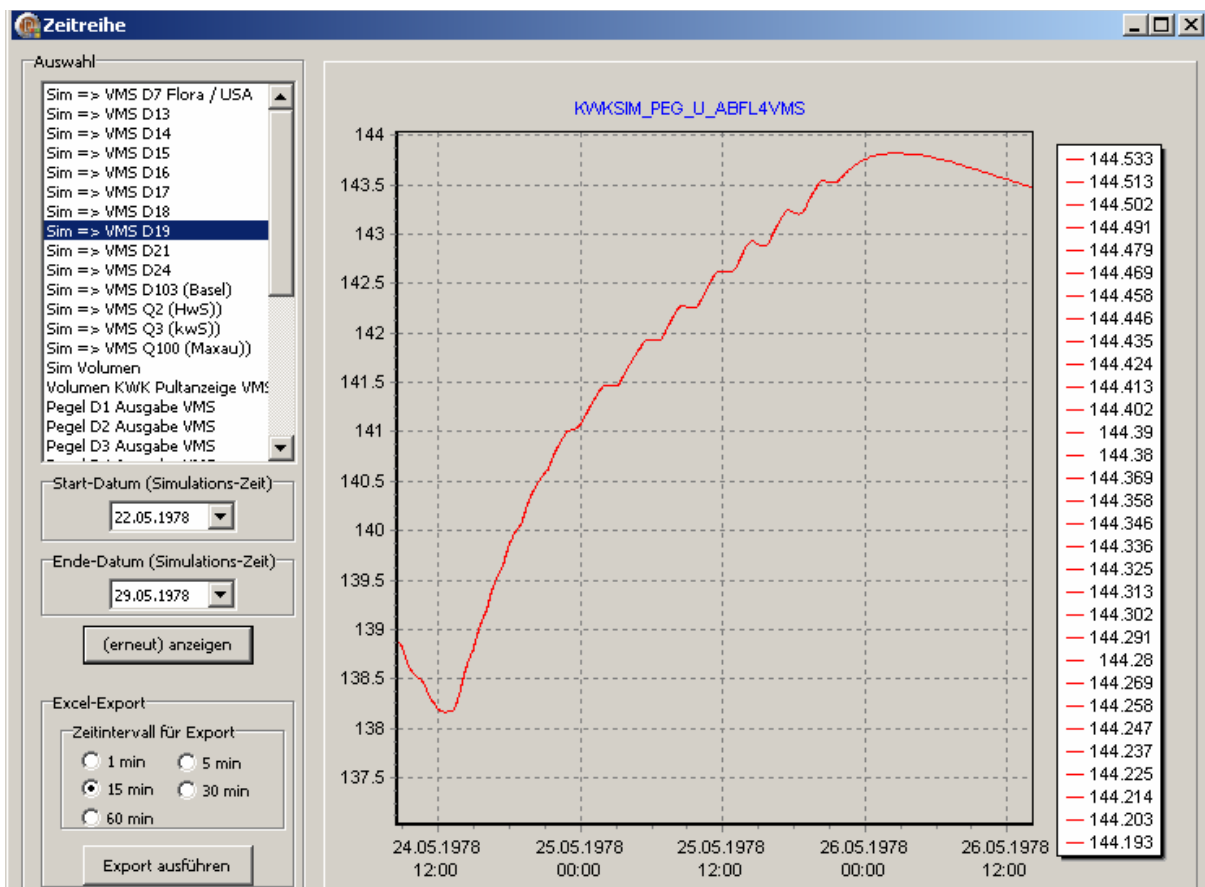


Abbildung 3 Retention (24.05.1978 12:01 bis 26.05.1978 10:01)





Nicht sofort plausibel:

Abfluss über Feste Schwelle (Segmente zu) ist OK, da D19 (26.5. 00:00 Uhr) ca. 143,75 ⇔ 1326 cbm/sek.

Aber warum ist der vorher (Segmente offen) vom Prozessrechner errechnete Abfluss so gering ?

25.5.1978 19:30: Pegel D19: 143,4

=> Abfluss bei Seg-öffnung = 0 aus QKWK.ftbl: 1052 bis 1189

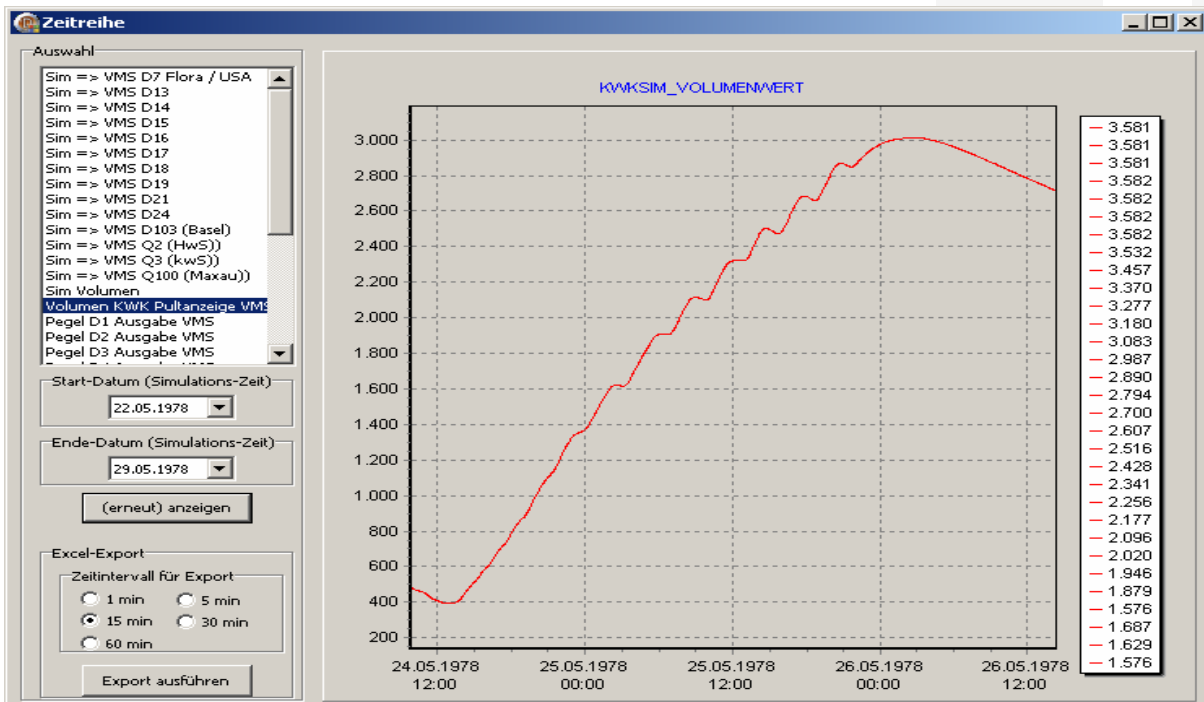
=> Aus QKWK.ftbl ermittelter Wert stimmt mit Kurve überein

25.5.1978 21:00: Pegel D19: 143,5

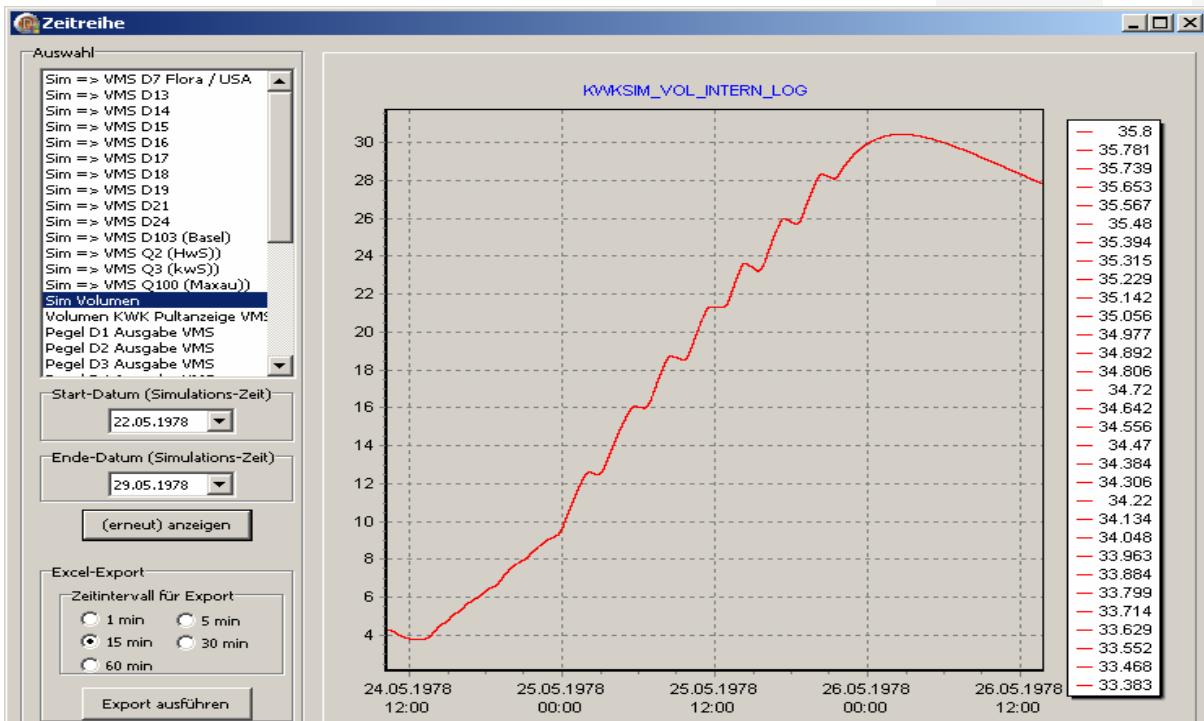
=> Abfluss bei Seg-öffnung ca. 0,4 m aus QKWK.ftbl: ca 1600

Anzeige: 1600 cbm = > ok

### Vergleich Volumen Simulation / Prozessrechner



Hinweis: Y-Achse: Mio. Cbm \* 100 ( wegen Pultanzeige)



Hinweis: Y-Achse: Mio. Cbm

⇒ Das von der Simulation errechnete Volumen und das vom Prozessrechner errechnete Volumen stimmen weitgehend überein.

### 3 Simulation Hochwasser 1919 mit dem originalen Regelalgorithmus

Simuliertes Zeitintervall: 23.12.1919 00:00 bis 01.01.1920 00:00

Realzeit: 19.08.2009 11:43 bis 28.08.2009 09:24

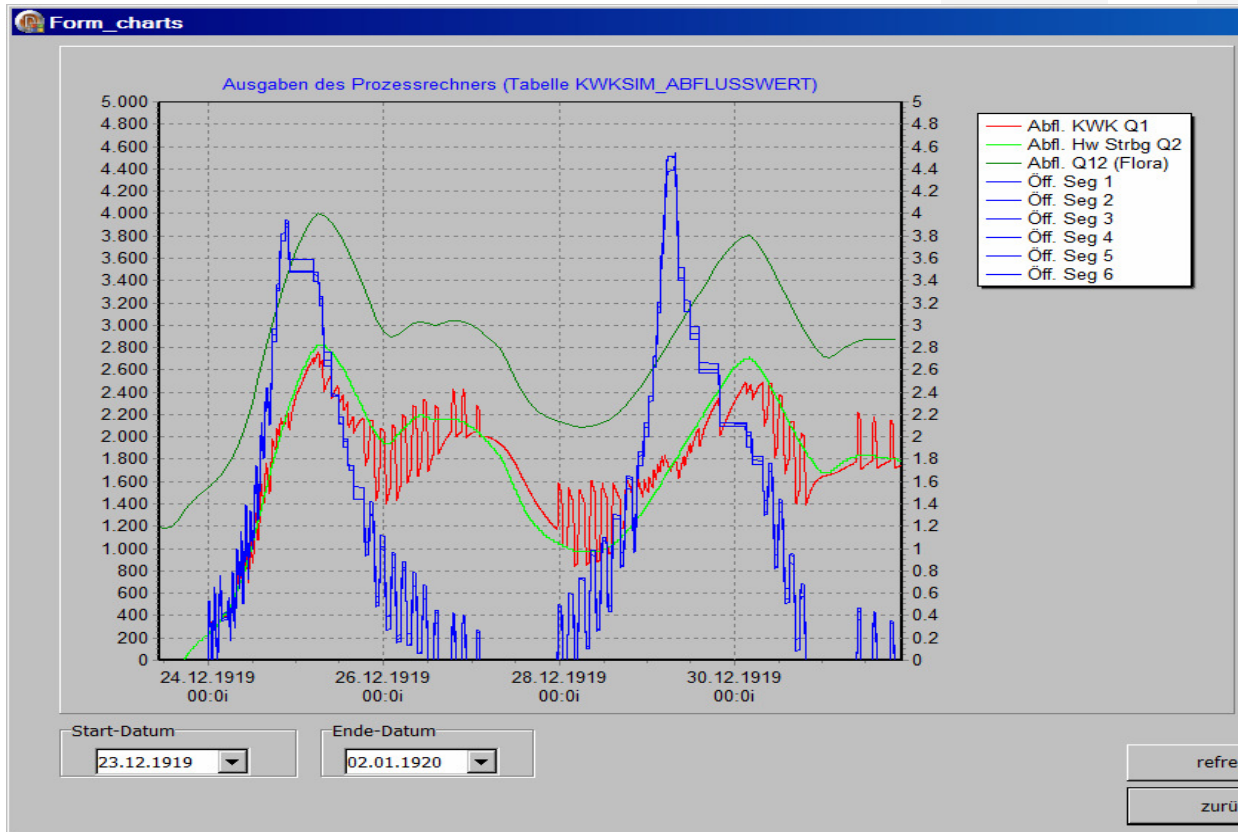
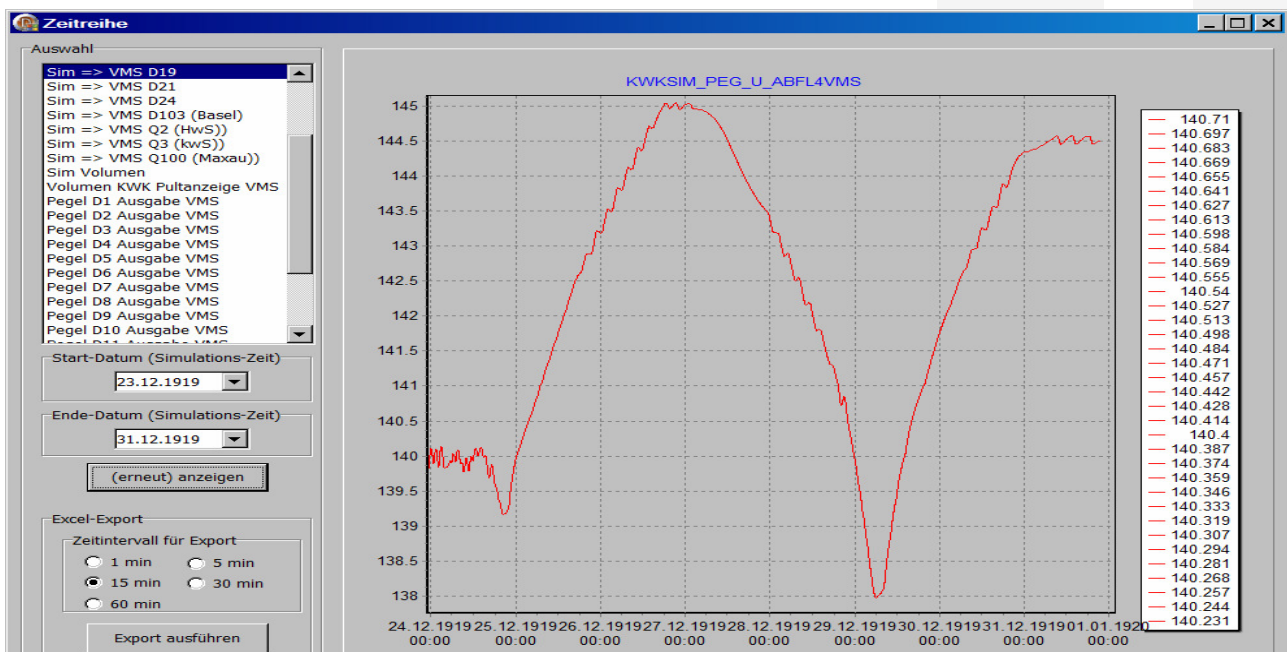


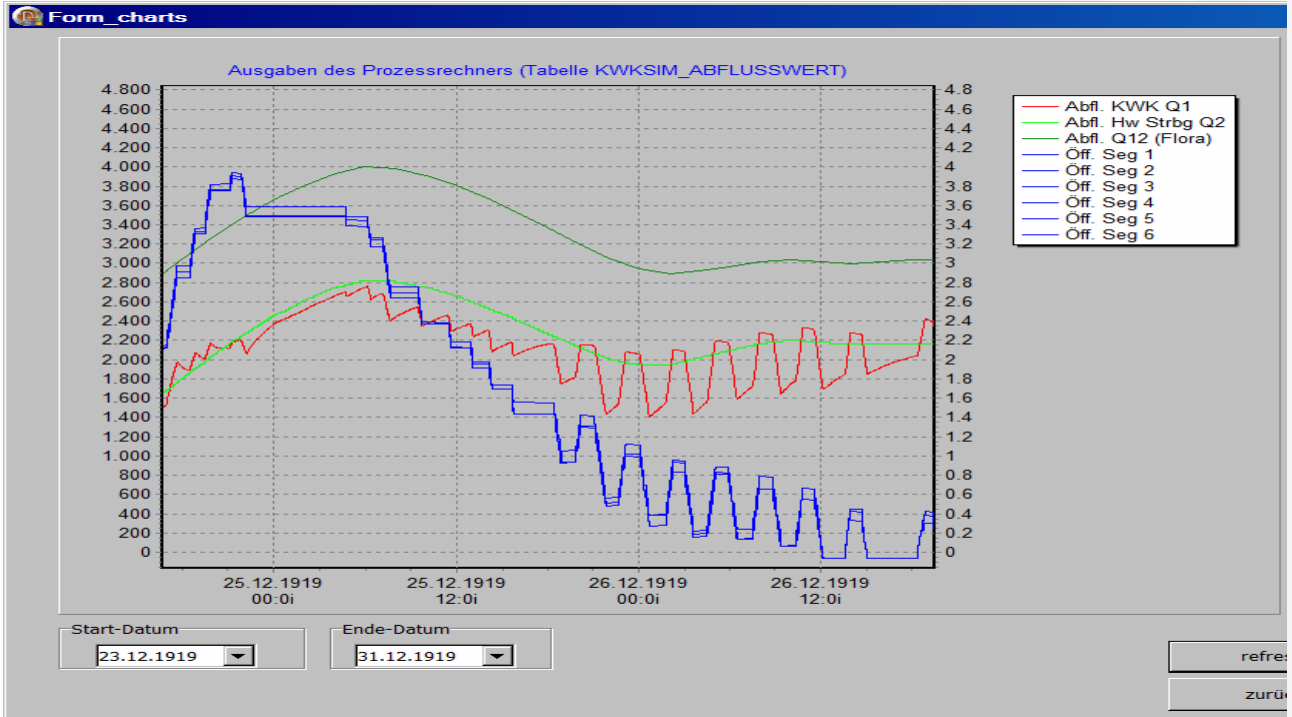
Abbildung 4 Hochwasser 1919 mit Originalregler



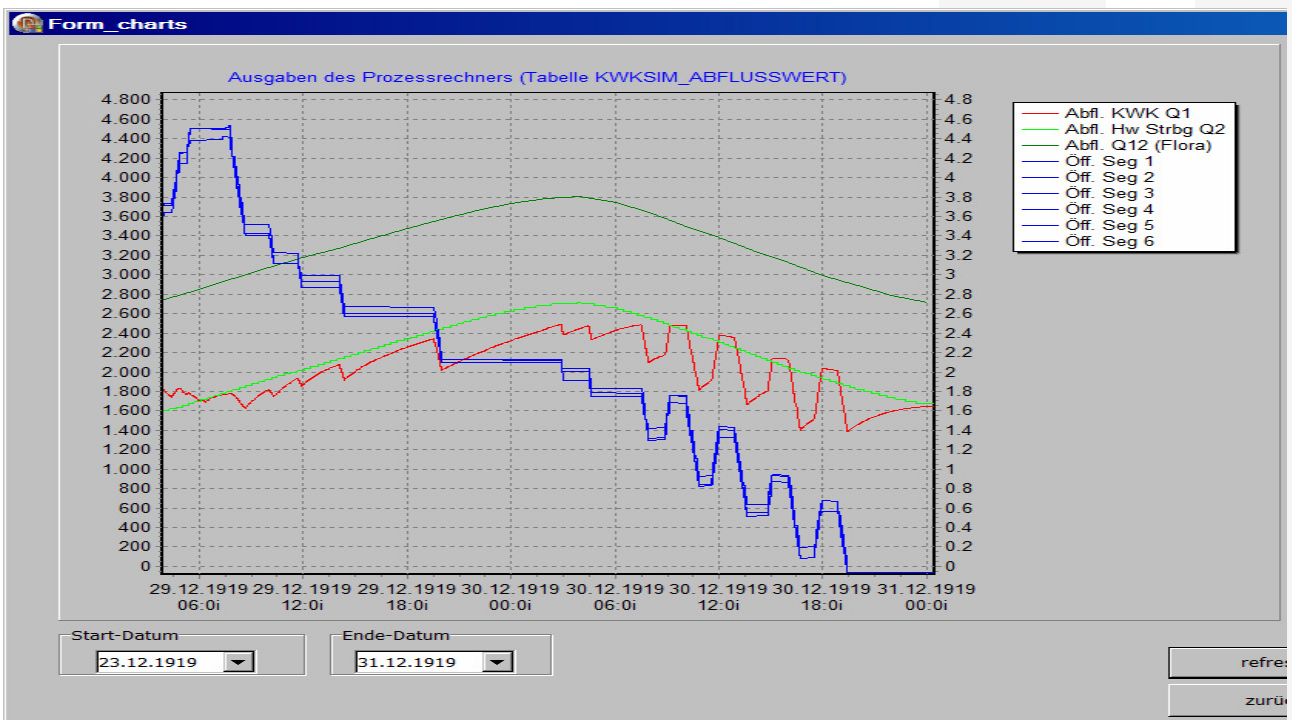


Betriebsarten

<b>Echtzeit</b>	<b>Simulationszeit</b>	<b>Betriebsart</b>
19.8.2009 12:27	23.12.1919 00:44	Kippbetrieb
19.8.2009 14:20	23.12.1919 14:37	Normalstau
20.8.2009 15:25	24.12.1919 03:42	Kippbetrieb
20.8.2009 15:40		Normalstau
20.8.2009 16:50		Kippbetrieb
20.8.2009 17:17		Normalstau
20.8.2009 20:08		Kippbetrieb
20.8.2009 20:43		Normalstau
20.8.2009 21:18		Kippbetrieb
20.8.2009 23:19		Normalstau
20.8.2009 23:21		Kippbetrieb
21.8.2009 02:39	24.12.1919 14:56	Vorentleerung
21.8.2009 07:44	24.12.1919 20:01	Retention
23.8.2009 04:33	26.12.1919 16:50	Ende Retention
23.8.2009 23:44	27.12.1919 12:01	Entleerung
25.8.2009 17:44	29.12.1919 06:01	Retention
27.8.2009 19:44	31.12.1919 08:01	Entleerung
28.8.2009 09:24	31.12.1919 21:41	Ende der Simulation



**Abbildung 5 HW 1919 1te Retention (24.12.1919 20:01 bis 26.12.1919 16:50)**



**Abbildung 6 HW 1919 2te Retention (29.12.1919 6:01 bis 31.12.1919 8:01)**

## 4 Simulation Hochwasser 1957 mit dem originalen Regelalgorithmus

Simuliertes Zeitintervall: 24.02.1957 00:00 bis 02.03.1957 21:31

Realzeit: 14.07.2009 15:21 bis 21.07.2009 12:53

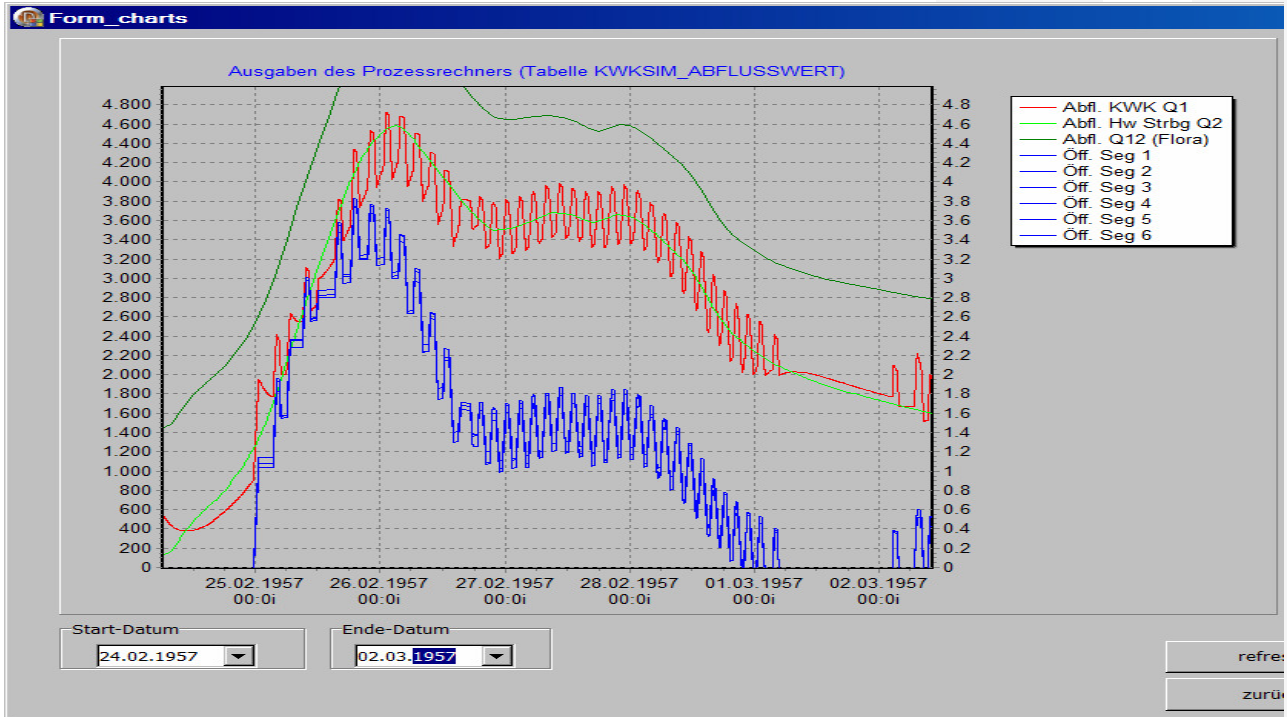
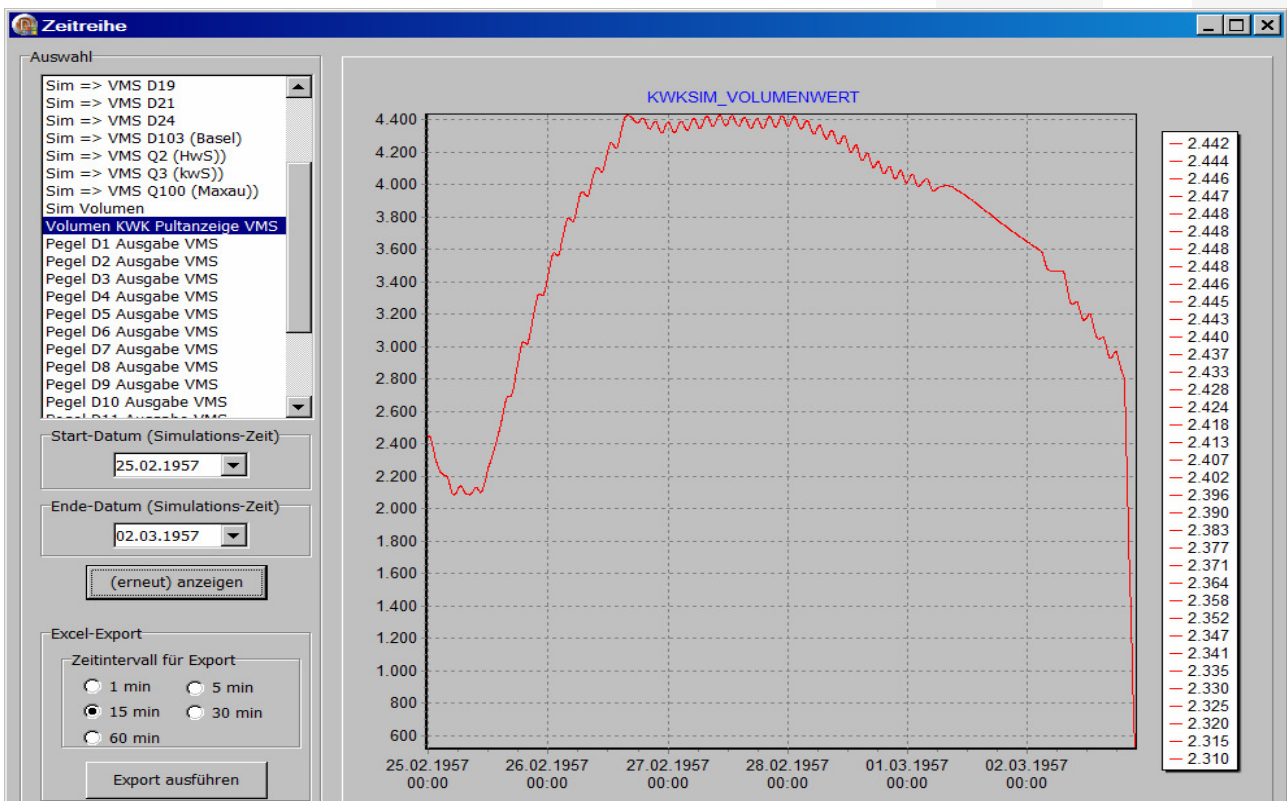


Abbildung 7 HW 1957

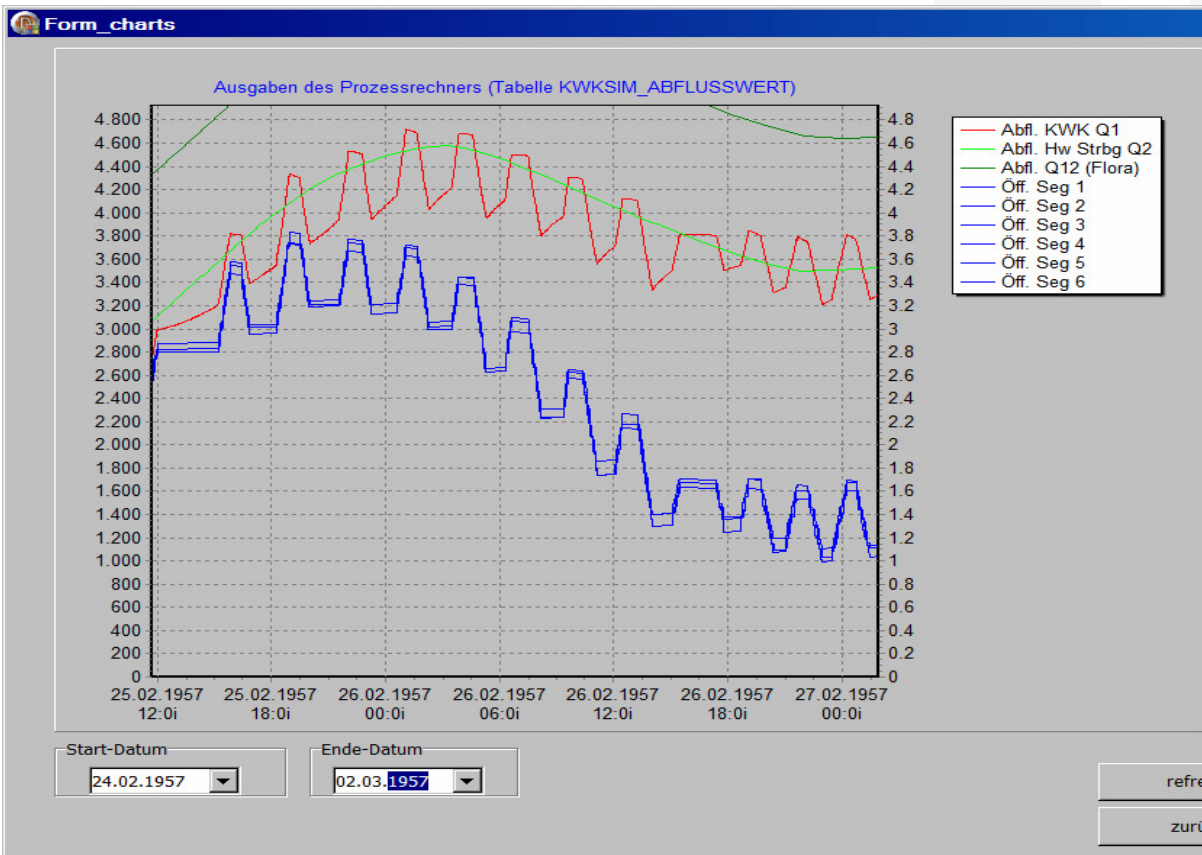




Betriebsarten

Echtzeit	Simulationszeit	Betriebsart
14.7.2009 15:21	24.2.1957 00:00	Entleeren
16.7.2009 03:25	25.2.1957 12:04	Retention
17.7.2009 06:17	26.2.1957 14:56	Ende Retention
20.7.2009 15:26	02.3.1957 00:05	Entleeren
21.7.2009 12:48	02.3.1957 21:27	Normalstau
21.7.2009 12:48	02.3.1957 21:27	Kippbetrieb
21.7.2009 12:48	02.3.1957 21:27	Vorentleerung
21.7.2009 12:53	02.3.1957 21:31	Ende der Simulation

Detailbetrachtung



5

Abbildung 8 HW 1957 Retention (25.2.1957 12:04 bis 26.2.1957 14:56)

## Vorschläge für weitere Untersuchungen

- Künstliche Verzögerung der Umsetzung von Stellbefehlen
- Hochwasser Aug. 2007  
Hier müssen allerdings noch die Input-Daten in die Form wie sie für die Hochwasser 1919,1957 und 1978 vorliegen, gebracht werden
- Simulation Normalbetrieb  
Auch hier gilt: Input-daten müssen noch erzeugt werden.
- Simulation Hochwasser ohne automatischen Betriebsart-Wechsel
- Ermittlung Delta-Q:  
Diese erfolgt momentan wie folgt:  
Alle 150 Sek wird der Gradient des Volumens ermittelt mit  

$$\text{Grad} := (V_{\text{neu}} - V_{\text{alt}}) / (\text{Zeistempel neu} - \text{Zeitstempel alt})$$
 Delta-Q ist der Mittelwert der letzten 4 Gradienten.  
 Getestet werden sollten die Auswirkung einer Änderung des Zeitintervalls (150 Sek) und die Auswirkung der Änderung der Anzahl der zur Mittelwertberechnung herangezogenen Gradienten.
- Debug-Ausgabe DQ2-Anpassung
- Gedachter (interner) Motor langsamer laufen lassen: I-Faktor:0.0003 => 0.00015

## 6 Simulation Hochwasser 1919 mit geänderten Regelparametern

Test mit anderer Integrationskonstante für DQ-Anpassung bei Betriebsart „Retention“

Anforderung von Hr. Laupsien:

In der Betriebsart 3 (Retention) soll in DQ-Anpassung 2 die Konstante von 0,0556 auf 0,02278 geändert werden.

Vorbereitung auf Prozessrechner:

- Edit: sys\$kwk:<data.dhsinit>ssp\_m1\_s10.ini
- Script zum Einspielen von ssp\_m1\_s10.ini ins DHS erstellt:  
sys\$kwk:<data.dhsinit>tmp\_run\_dhsinit\_ssp\_10.com
- Prozessrechner-Software gestartet (sys\$kwk:<com>startup)
- Erstelltes script ausführen  
@sys\$kwk:<data.dhsinit>tmp\_run\_dhsinit\_ssp\_10.com
- Test, ob Parameter übernommen:  
Run sys\$kwk:<src.maint>maint  
Ma\_ID = 1 / BelD = 3 / MaBeVersion = 23  
Süld = 10 / Version = 2  
Delta Q Anpassung 2 : I = 0.0278  
➔ übernommen
- 

Echtzeit	Simulationszeit	Betriebsart
6.11.2009 13:30	24.12.1919 20:03	Retention
8.11.2009 14:19	26.12.1919 20:52	Ende Retention

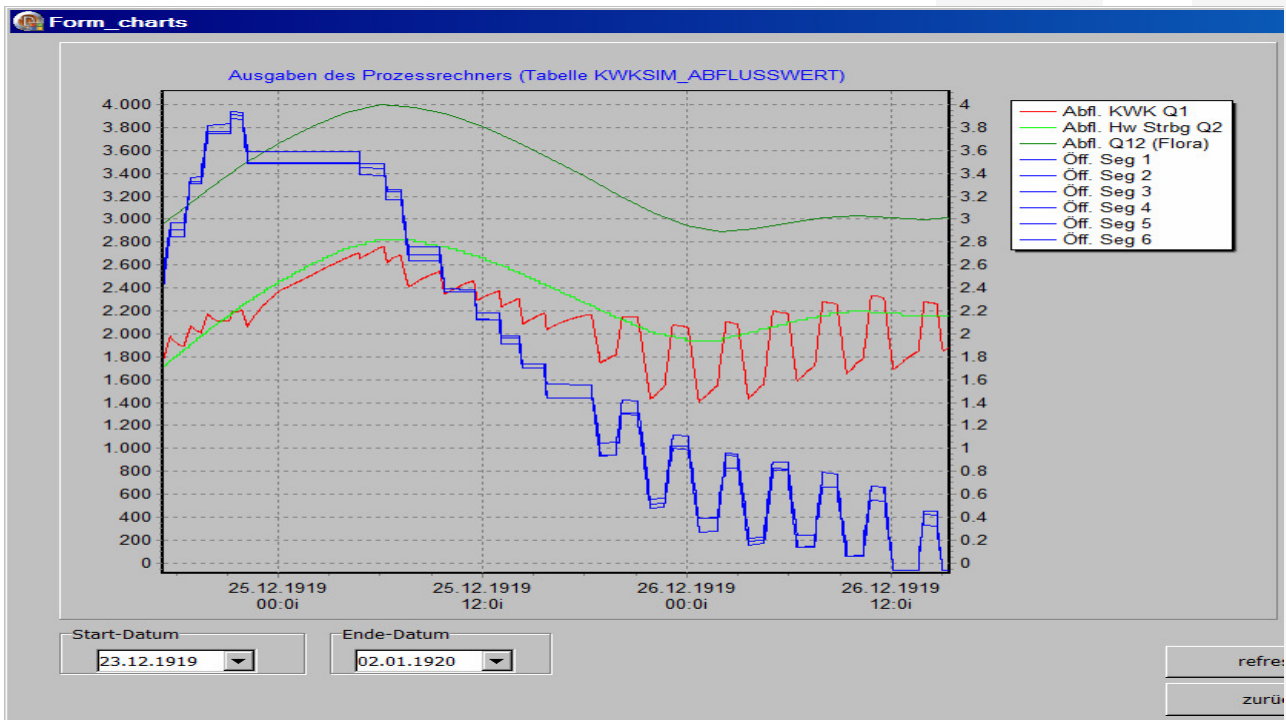


Abbildung 9 HW 1919 Retentionsphase mit originalen Regelparametern

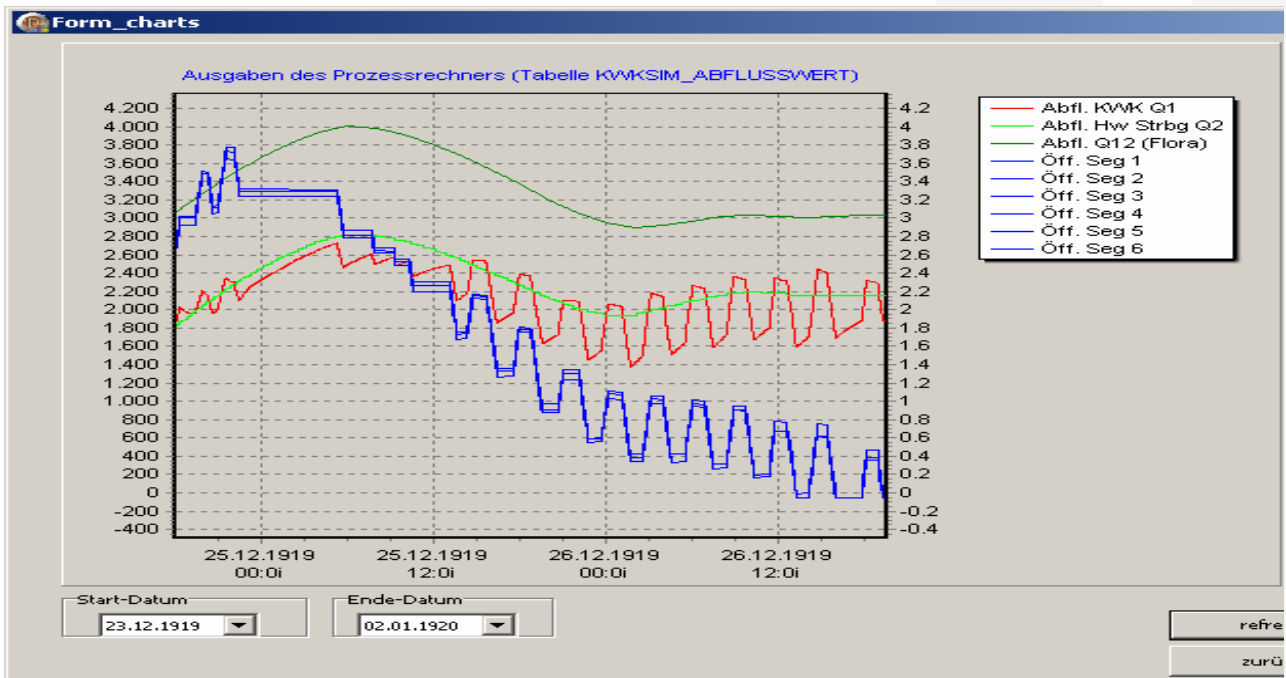


Abbildung 10 Retentionsphase mit geändertem I-Faktor

→ Keine Verbesserung des Regelverhaltens

## 7 Simulation Hochwasser 1919 mit geänderter DQ-Ermittlung

DQ-Ist (= Q14) wird wie folgt ermittelt:

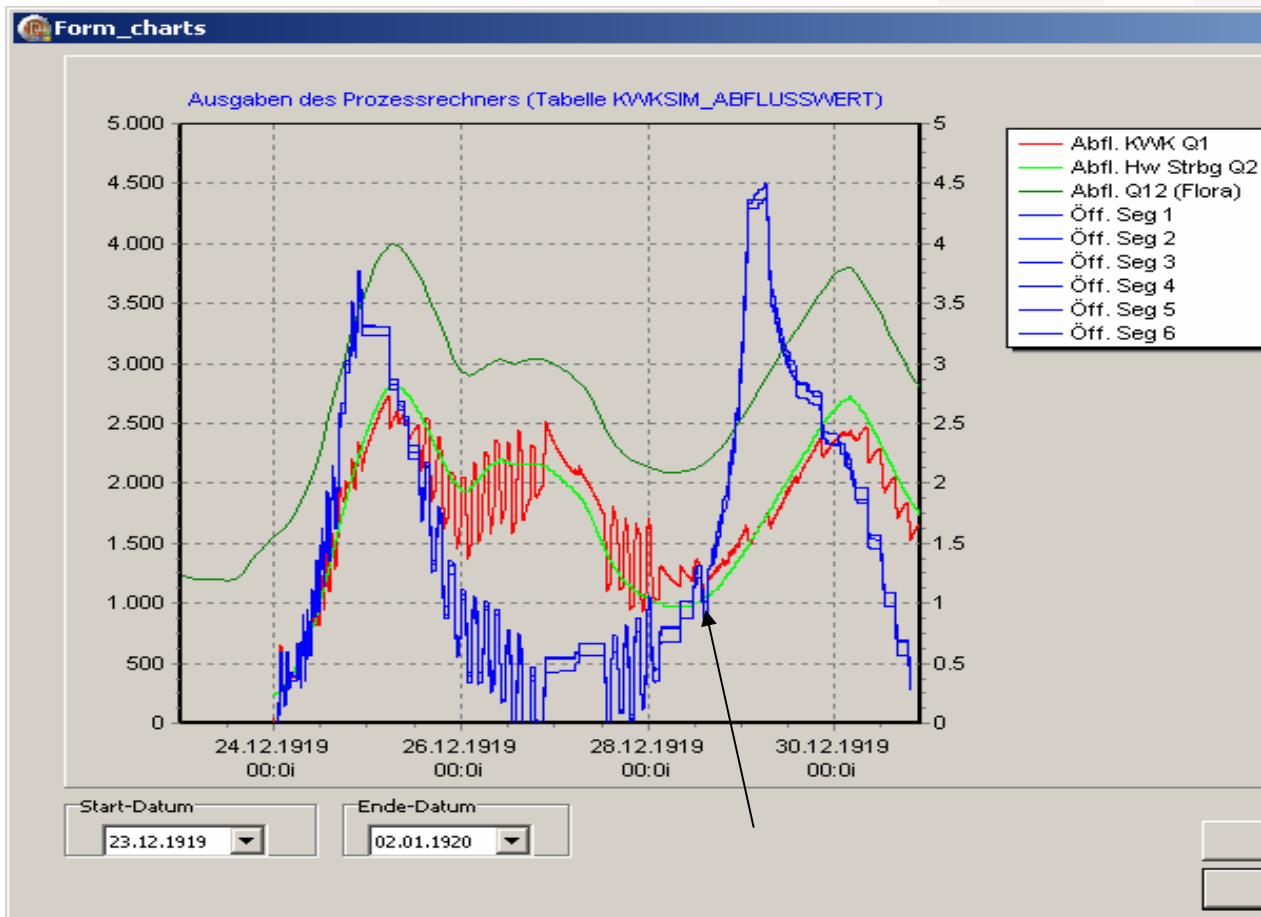
$$G := (\text{VOLUMENneu} - \text{VOLUMENalt}) / (\text{ZEITneu} - \text{ZEITalt})$$

DQ := Mittelwert der letzten 5 Werte G

Bisher wurde diese Berechnung alle 150 Sek durchgeführt d.h. DQ = gemittelter Gradient über die letzten 10 Minuten.

Beim nachfolgend dokumentierten Simulationslauf alle 30 Sek. D.h. d.h. DQ = gemittelter Gradient über die letzten 2 Minuten.

**Die Änderung wurde zum (Simulations-) Zeitpunkt 28.12.1919 0:00 eingebracht**



**Abbildung 11 HW 1919 mit geänderter DQ-Ermittlung**

warum sich hier eine gewisse Verbesserung einstellt wird im Kapitel „Analyse des tatsächlichen Regelverhaltens“ dargestellt.

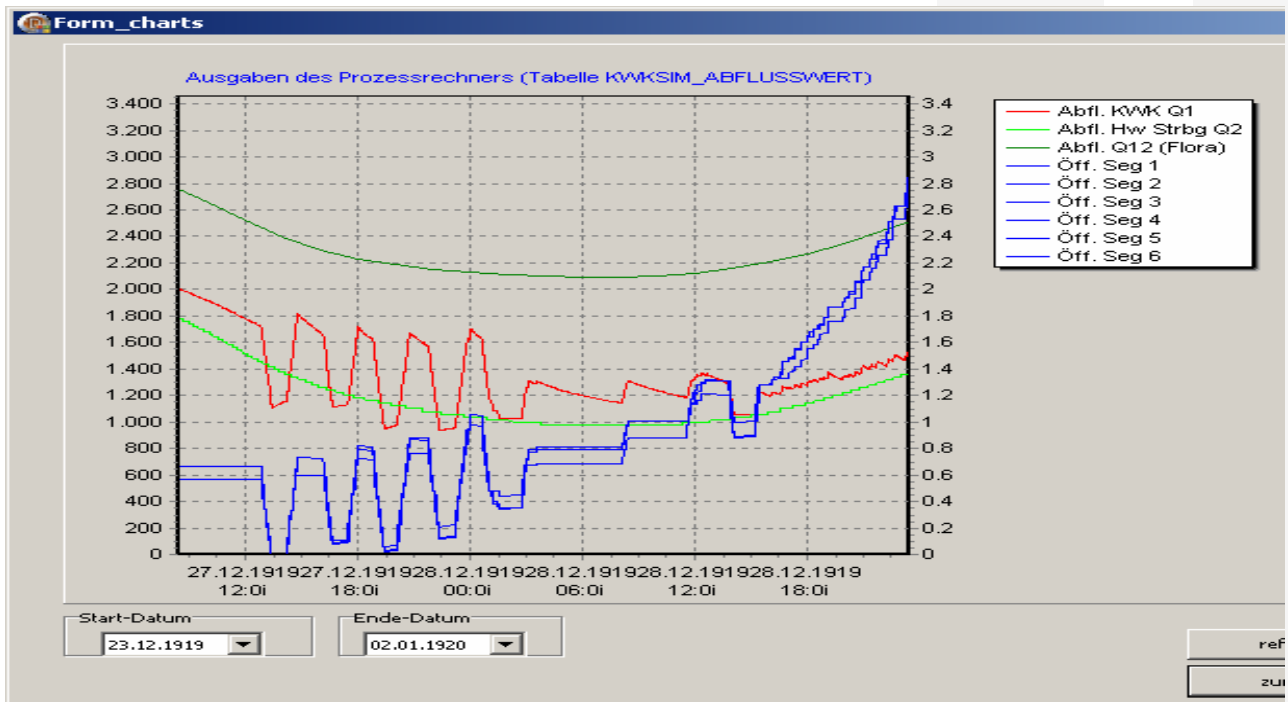


Abbildung 13 HW 1919 mit geänderter DQ-Ermittlung Detailbetrachtung vor- und nach dem Einbau der Änderung

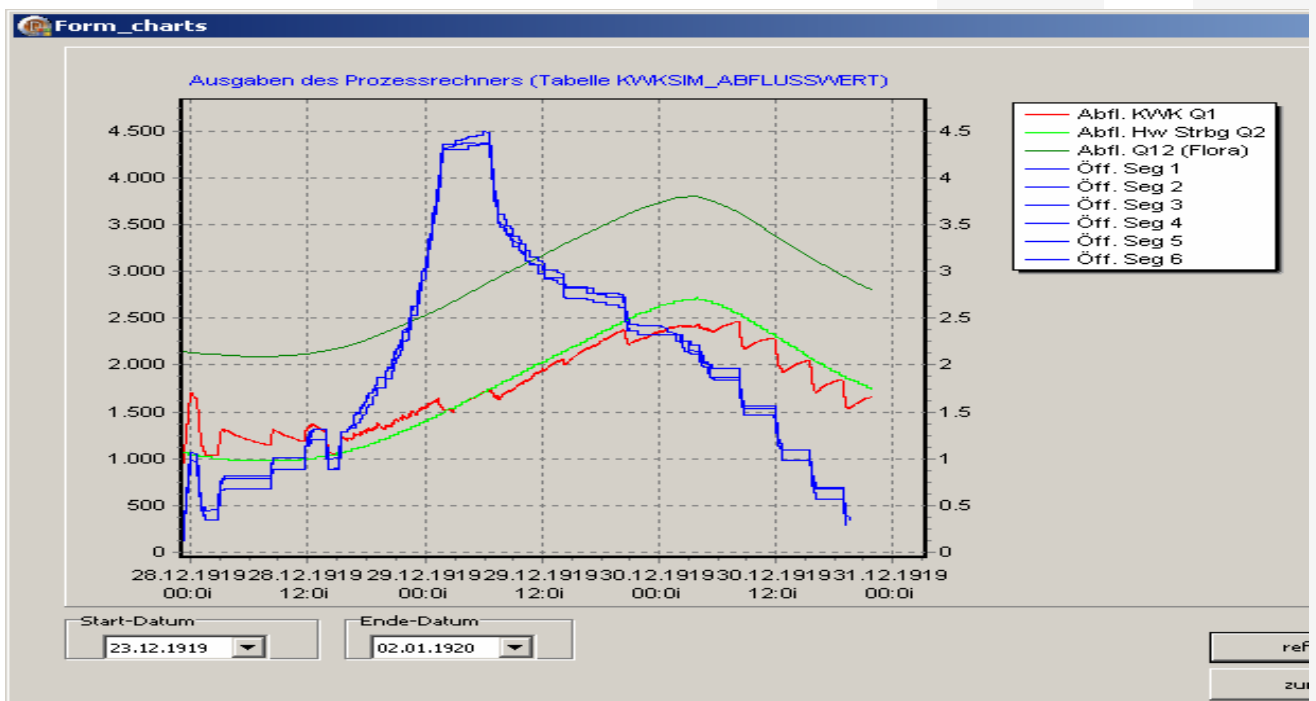


Abbildung 12 HW 1919 mit geänderter DQ-Ermittlung (2 Min)

## 8 Simulation Hochwasser 1919 mit geänderten Regelparametern (gedachter Motor)

- Integrationskonstante für DQ-Anpassung bei Betriebsart „Retention“ wieder auf Originalwert (0.0556)
- Trigger-Intervall wieder 150 Sek
- In Betriebsart 2 bis 7: I-Faktor des gedachten Motors halbiert

Vorbereitung auf Prozessrechner:

- Edit: sys\$kwk:<data.dhsinit>ssp\_m1\_s10.ini
- Script zum Einspielen von ssp\_m1\_s10.ini ins DHS erstellt:  
sys\$kwk:<data.dhsinit>tmp\_run\_dhsinit\_ssp\_10.com
- Prozessrechner-Software gestartet (sys\$kwk:<com>startup)
- Erstelltes script ausführen  
@sys\$kwk:<data.dhsinit>tmp\_run\_dhsinit\_ssp\_10.com
- Test, ob Parameter übernommen:  
Run sys\$kwk:<src.maint>maint:  
→ 17: SSP-Parameter → 4: SSPP suchen (Sü,MaID,...)

Ma\_ID = 1 / BeID = 3 / MaBeVersion = 23

Süld = 10 / Version = 3

→ übernommen

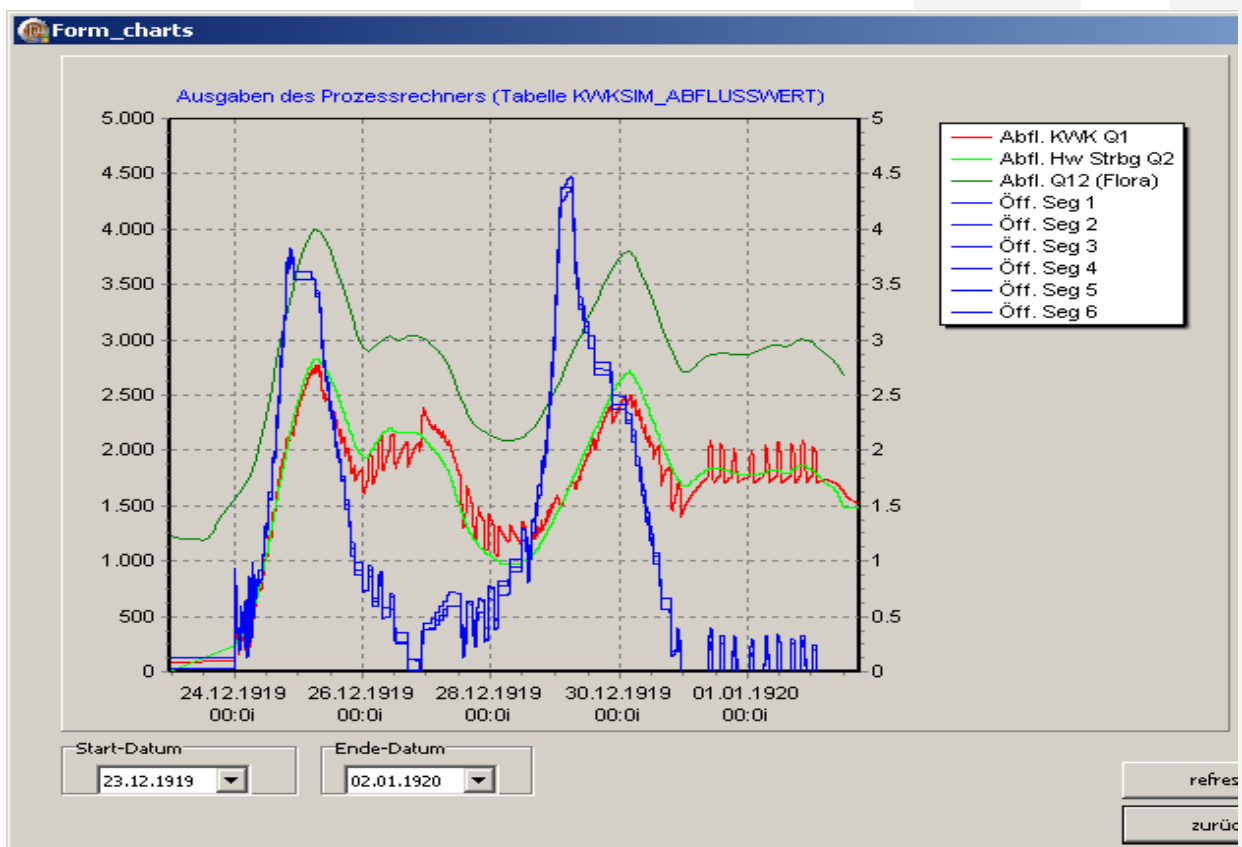
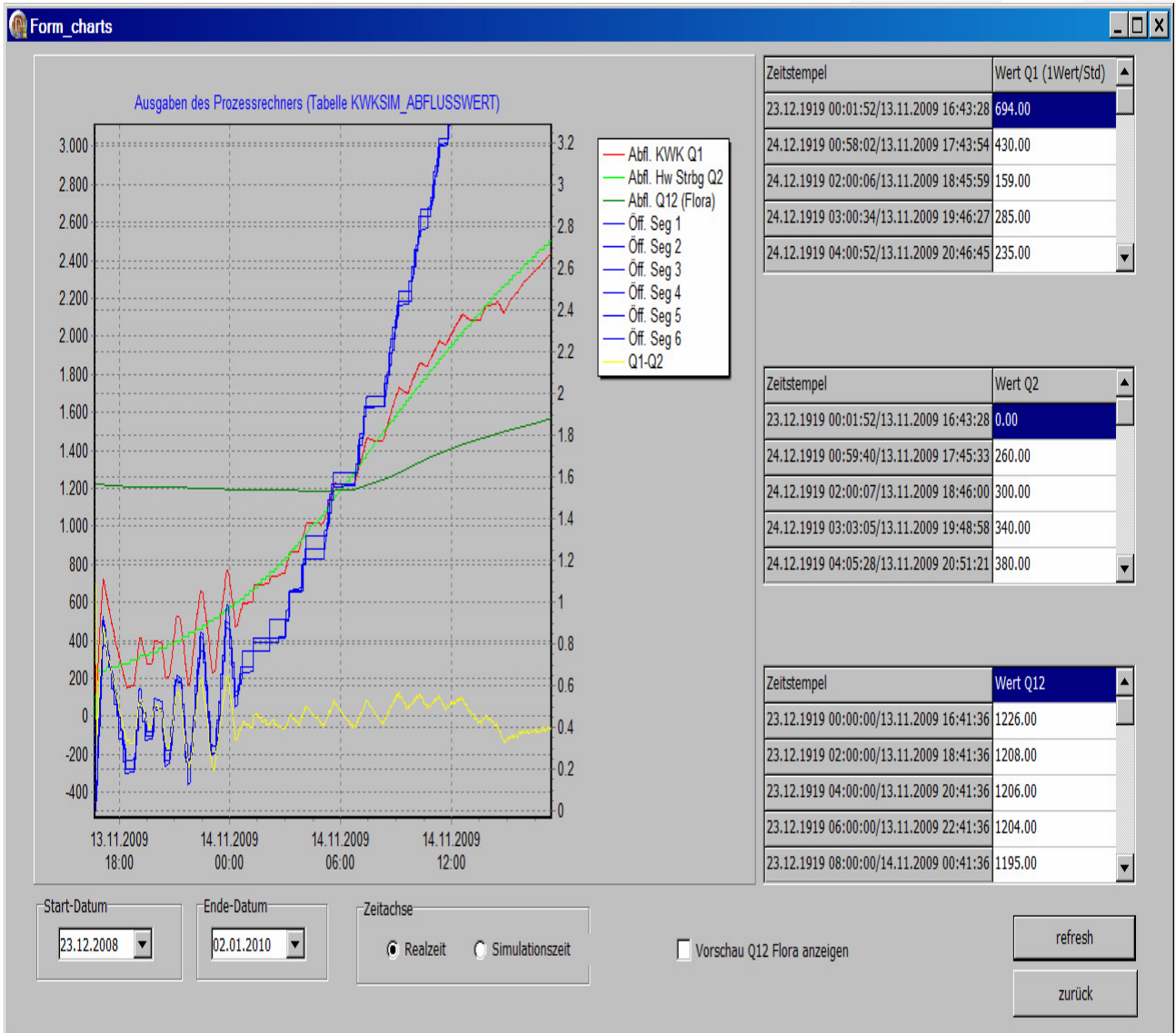


Abbildung 14 HW 1919 mit geänderten Reglerparametern

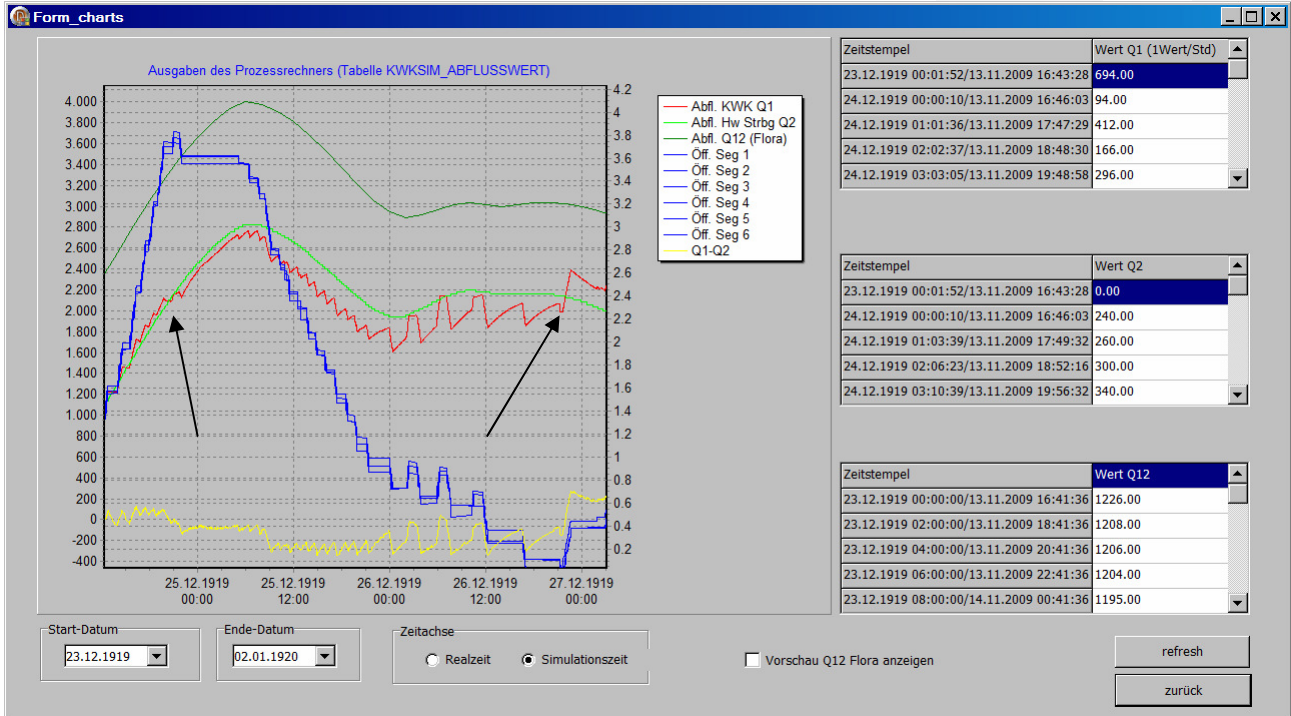
Darstellung der Phasen Normalstau, Kippbetrieb und Vorentleerung



**Abbildung 15 HW 1919 mit geänderten Reglerparametern**

Gut zu sehen ist das heftige „hin- und herfahren“ der Segmente

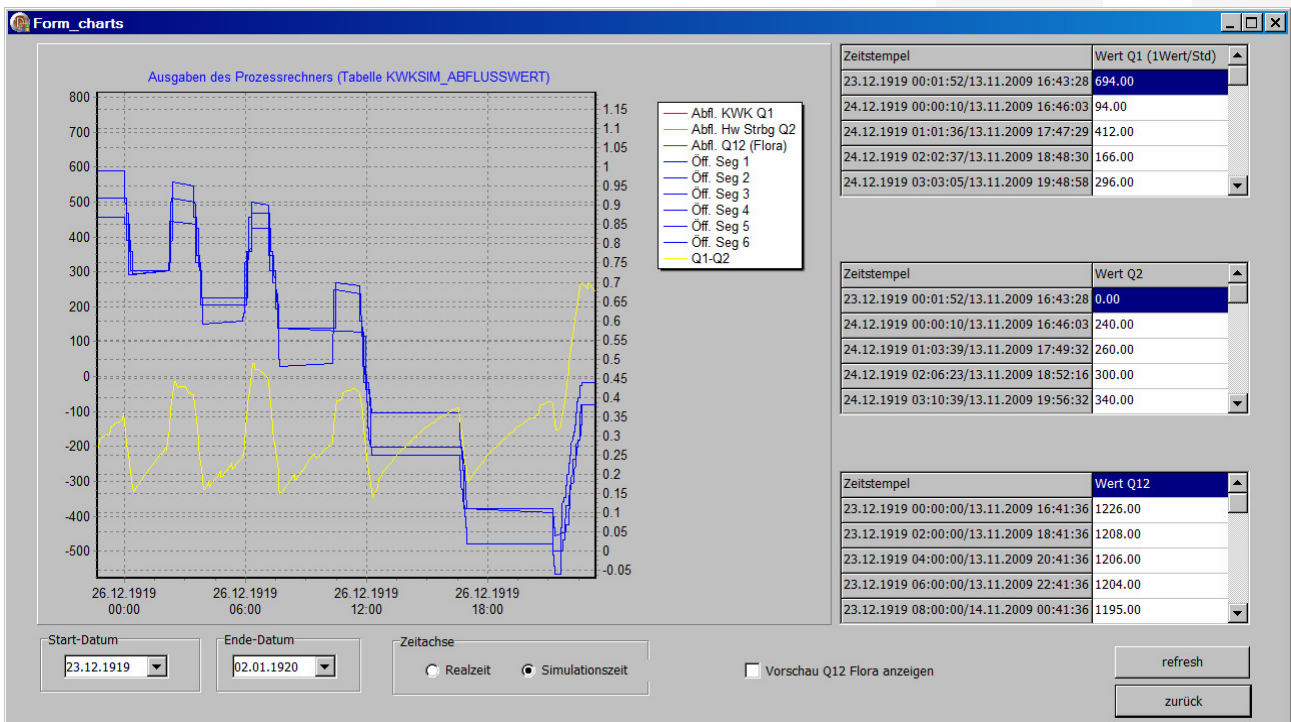
Detaildarstellung der Retentionsphase



Zu Beginn der Retentionsphase schafft es der DQ-Begrenzer Schwankungen bei Delta Q (Q1 – Q2) zu verhindern (der Regler will weiter öffnen, was der DQ-Begrenzer jedoch verhindert)

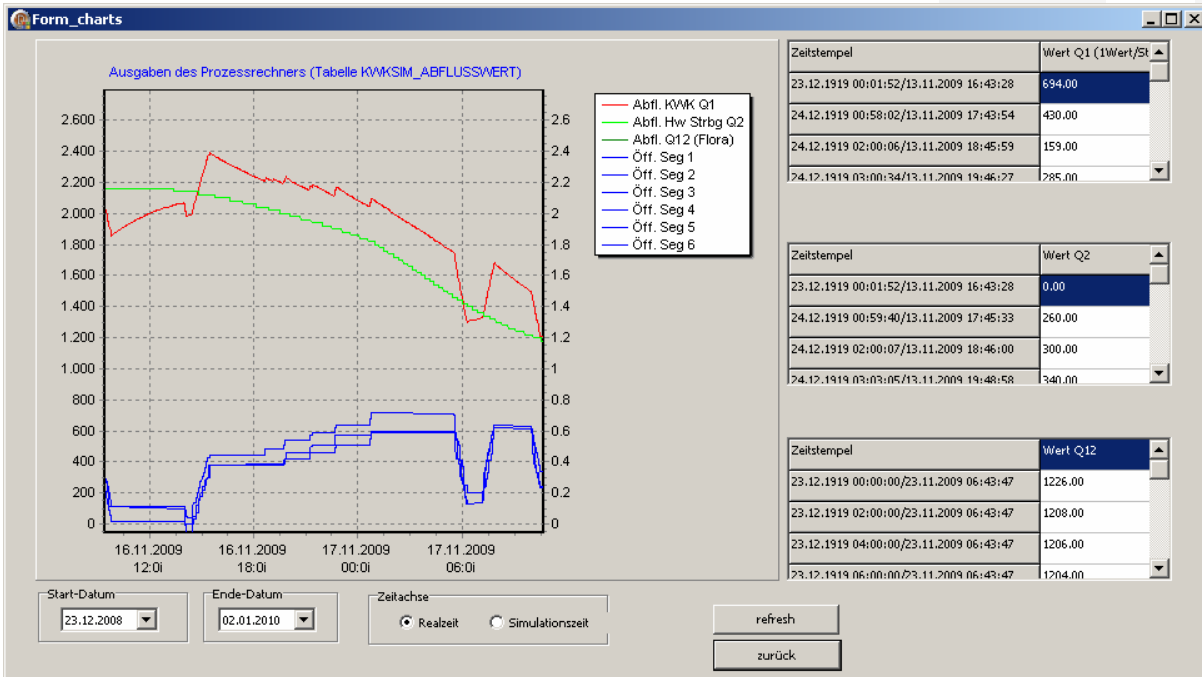
Zum Ende der Retentionsphase starke Schwankungen Q1 d.h. Delta-Q zwischen +50 und -350

Siehe dazu das nächste Detailbild:

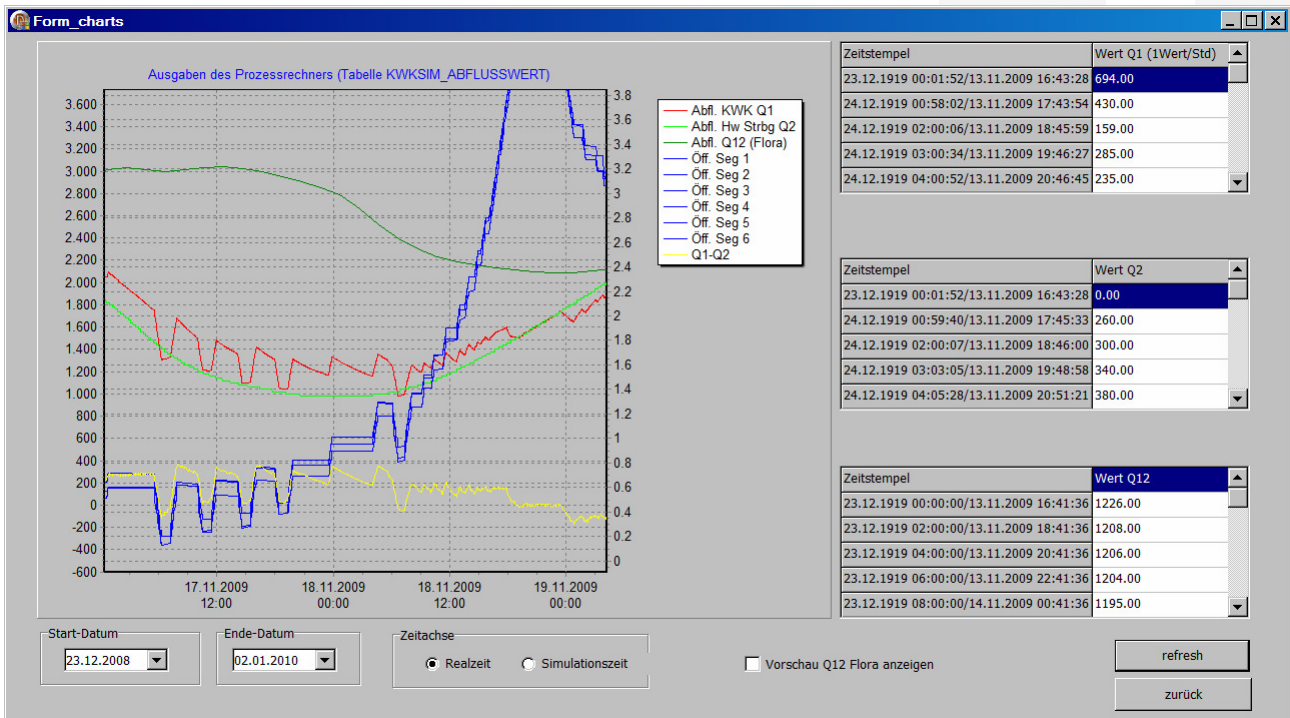


Detaildarstellung der Phase Ende-Retention. Zeitraum: 16.11.2009: 14:11 bis 17.11.2009 4:50

Hier wird nach H-Soll = 142.5 geregelt.

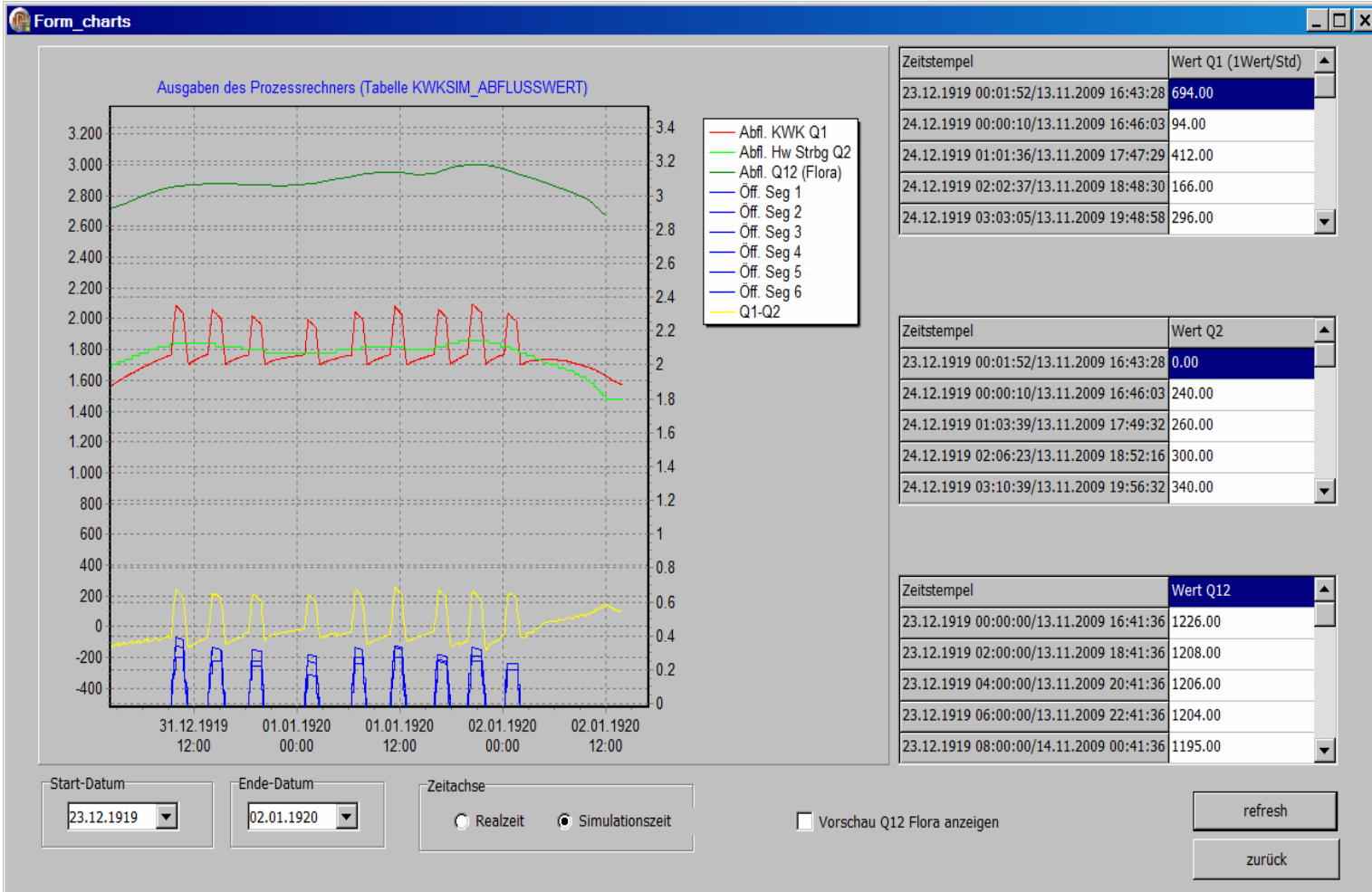


Detaildarstellung der Phase QKK – halten. Zeitraum: 17.11.2009 4:50 bis 18.11.2009 18:00





Darstellung der Phase QKK Halten (ab 21.11.2009)



### 8.1 Zusammenfassung:

Der Regler neigt prinzipiell dazu zu schwingen. Dieses Verhalten wird partiell durch den DQ-Begrenzer ausgeglichen.

## 9 Gefundene Probleme

### 9.1 Inkonsistente Angaben für zu erreichendes dQ bei Betriebsart Vorentleerung und große Retention

Betriebsart: „Vorentleerung“:

In DHS.Init wird das Ziel delta Q mit -200 angegeben, gleichzeitig wird der entsprechende PID-Maximalwert aber auf -100 begrenzt

Betriebsart: „große Retention“:

In DHS.Init wird das Ziel delta Q mit 380 angegeben, gleichzeitig wird der entsprechende PID-Maximalwert aber auf 190 begrenzt

### 9.2 Volumenberechnungen / H-Soll-Vorgabe D19

Der Schützsteuerprozess SSP verwendet zur Ermittlung des Volumens die Tabelle VHD19.

Diese liefert z.B. für D19 = 138.5 den Volumenwert 3.473.000 CbM

Für die sonstige Volumenberechnung werden die Teilvolumen der Pegel D13 bis D19 sowie D13.1 bis D13.3 und D19.1 verwendet (im weiteren V\_gemessen)

Dies ergibt z.T massive Abweichungen je nachdem wie weit die übrigen Pegel von D19 abweichen.

Im Simulationsfall war z.B. das vom Prozessorrechner angezeigte Volumen 4.762.000 CbM

Der SSP initialisiert das Volumen V\_SOLL mit  $V\_SOLL = VHD19$  (aktueller D19)

Im Weiteren wird V\_SOLL abhängig vom aktuellen DQ\_SOLL fortgeschrieben

$$V\_SOLL := V\_SOLL + DQ\_SOLL * Delta\_T$$

Und damit die D19\_SOLL bestimmt  $D19\_SOLL = VHD19 (V\_SOLL)$

Im Lauf der Regelung kommt es zu Abweichungen zwischen V\_gemessen und V\_SOLL.

So kann es z.B. in der Anstiegsphase eines Hochwassers dazu kommen, das  $V\_SOLL \ll V\_gemessen$

→ H\_soll (aus V\_soll / VHD19) < H\_ist (gemessener D19)

→ SSP fährt zu um D19 zu erhöhen

→ Danach (z.B. nach 2 Std) wieder auf

### 9.3 Tabelle VHD19.ftbl

# \$Stuetzpunkt\$

# Gesamtvolumen/Höhe Funktionstabelle für Pegel 19

# Volumen in cbm, Höhe in m+NN

1,	2019,	<b>2641000,</b>	<b>130,</b>	0;
2,	2019,	<b>2641000,</b>	<b>138,</b>	0;

## 9.4 Grund für instabiles Regelverhalten

### 9.4.1 Theoretische Betrachtung

Der aktuell eingesetzte Regelalgorithmus besteht aus mehreren reinen I-Regler (PID, aber Proportional – und Differentialfaktor immer = 0). – Algorithmus: siehe Anhang --

Die Regelstrecke enthält eine variable Totzeit von bis zu 40 Minuten.

Die Regelung wird instabil, wenn die Totzeit steigt. Dies ist der Fall, wenn die notwendigen Stellschritte klein sind d.h. bei geringen Volumen- bzw. Durchflussschwankungen.

Dieses Problem lässt sich durch Änderung der I-Faktoren der PID-Regler nicht lösen, was man auch an den durchgeführten Simulationsläufen sieht.

Zumindest wenn man die Regelung nicht soweit verlangsamen will, dass sie für den Hochwasserfall ungeeignet ist

### 9.4.2 Darstellung der Totzeit am Beispiel:

Prozessrechner will Volumen senken => „Segment mehr“

13:41: Simulation: Volumenwert beginnt zu fallen

14:08: Simulation meldet D19 um 1 cm gefallen  
Dies erst so spät, weil nur cm-genau gemeldet wird

14:19 Volumenwert auf Prozessrechner beginnt zu fallen  
Grund: Volumeberechnung basiert auf den geglätteten Pegeln

### 9.4.3 Analyse des tatsächlichen Regelverhaltens:

Bei überschreiten einer gewissen Totzeit beginnt der eigentliche Regelalgorithmus (PID-Regler) zu schwingen. Diese Schwingungen werden durch den DQ-Begrenzer begrenzt.

Der DQ-Begrenzer verhindert „fahren in die falsche Richtung“ indem er das DQ mit der Fahrrichtung der Segmente vergleicht.

Das DQ wird ermittelt aus dem Volumengradienten (siehe auch entspr. Sim-Lauf).

Wenn nun DQ über einen kürzeren Zeitraum ermittelt wird kann der DQ-Begrenzer schneller eingreifen.

Die Betrachtung des Regelverhaltens anhand des entspr. Menüs auf dem Prozessrechner zeigt das der DQ-Begrenzer sehr häufig und sehr lange eingreift, wenn die Volumen- bzw. Durchflussschwankungen gering sind also z.B. im Kippbetrieb wenn kein Hochwasser ist.

Die Regelgüte ist im Hochwasserfall etwas besser, da hier die Totzeit geringer ist.



## 9.5 Zeitweiser Ausfall von Pegel D19

Vorbemerkung:

Das hier dargestellte Problem hat mit der Simulation bzw. dem Regelalgorithmus nichts zu tun, muss aber gelöst werden, wenn die Anlage einwandfrei funktionieren soll und wird deshalb hier betrachtet.

Es kommt zu vereinzelt Fehlmeldungen für Pegel D19 z.B. „echter“ Wert 139.9 gemeldeterr Wert 129.9.

Dieser Effekt wurde z.B. am 7.12. zusammen mit Hr. Gündner gesehen (Effekt trat auch bei IDS auf).



## 9.6 Verwendbarkeit der Bernhard-Tabellen

Auf dem Prozessrechner liegen folgende Tabellen vor:

### QKWK.FTBL (Tabellen-id: 116)

$$Q = f(D19, \text{Segmentöffnung})$$

Diese wird verwendet zur Ermittlung des Abflusses KWK (Q1)

### OEKWK.FTBL (Tabellen-id: 1)

$$\text{Segmentöffnung} = f(Q, D19)$$

Diese Tabelle würde vor Dez. 2007 wie folgt verwendet.

$$\text{Segmentöffnung} = f(Q_{hw\_str} + Q_7 - dQ_{intern})$$

$$dQ_{intern} : \text{Ziel} - dQ$$

Aufgrund der nicht plausiblen Werte die der Prozessrechner für  $Q_{hw\_str}$  erhielt, wurde diese Funktion abgeschaltet.

Eine Überprüfung ergab, dass die Tabellen nicht konsistent sind !

z.B.

$$Q1 = \text{QKWK}(D19, \text{öffnung}) = \text{QKWK}(142.5, \mathbf{1.2}) = 1860 \text{ Cbm/sek}$$

$$\text{Öffnung} = \text{OEKWK}(D19, Q1) = \text{OEKWK}(142.5, 1860) = \mathbf{1.0046 \text{ m}}$$

Bei Änderungen des Reglers sollte also nur eine Tabelle (QKWK, da diese aktueller ist) verwendet werden. Solange nur QKWK verwendet wird spricht m.E. nichts gegen die Verwendung; zumal es keine Alternative gibt.



## 10 Verbesserungsvorschläge

Es wurden mehrere neue Regelalgorithmen entwickelt und mit Hilfe der Simulation getestet.

Die Ergebnisse werden im folgenden Kapitel dargestellt.

Vorher wurde das Simulationsprogramm wie folgt erweitert

- Funktion Reglertest
- Anzeige Delta Q ( $Q1 - Q2$ )

## 10.1 Neuer Regelalgorithmus V1

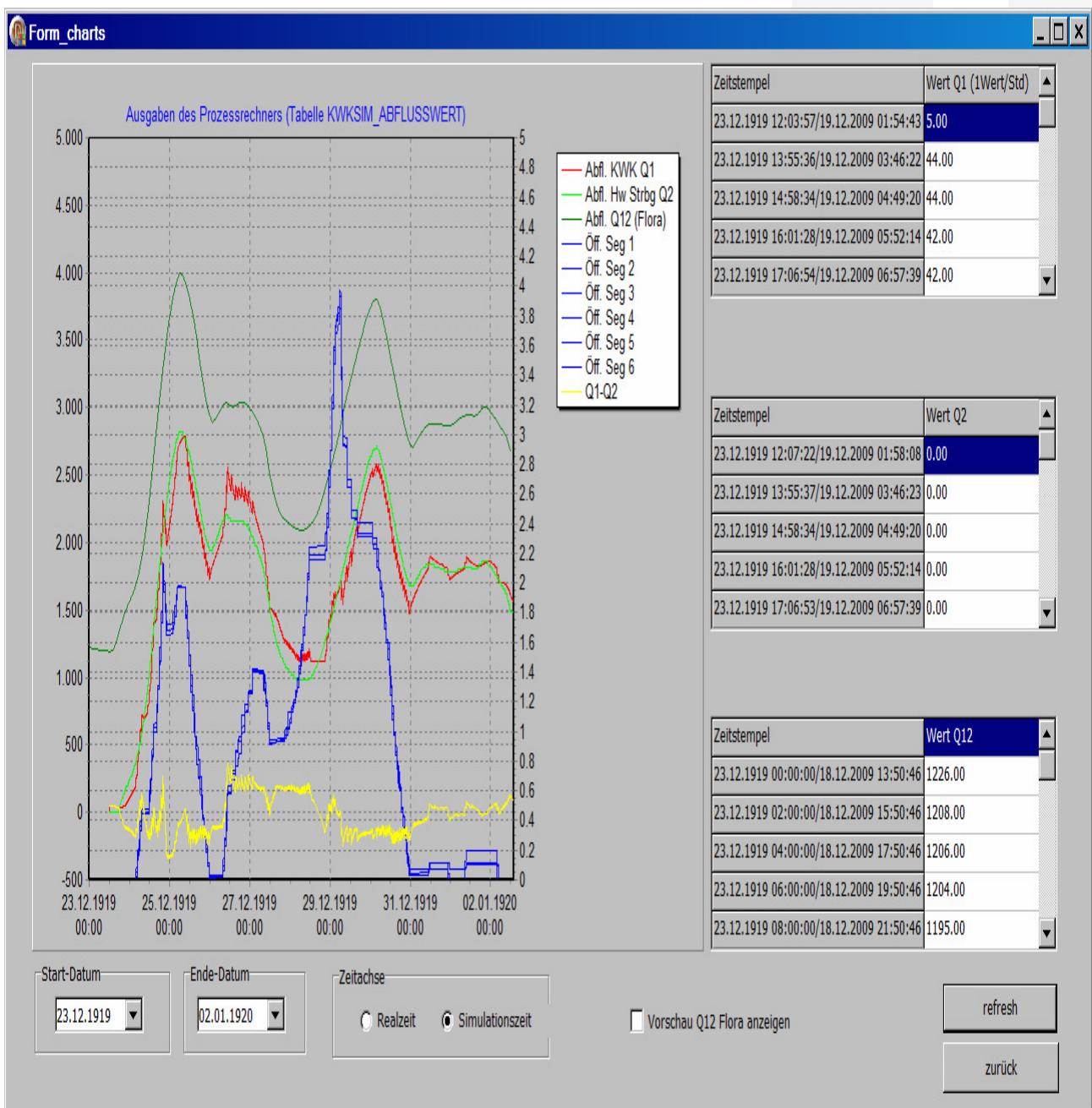
Ausgehend von der Erkenntnis, dass eine Änderung der Segmentöffnung nach ca. 50, Min zu einem eingeschwungenen Zustand führt:

Die notwendige Segmentöffnung wird nur alle 50 Minuten berechnet.

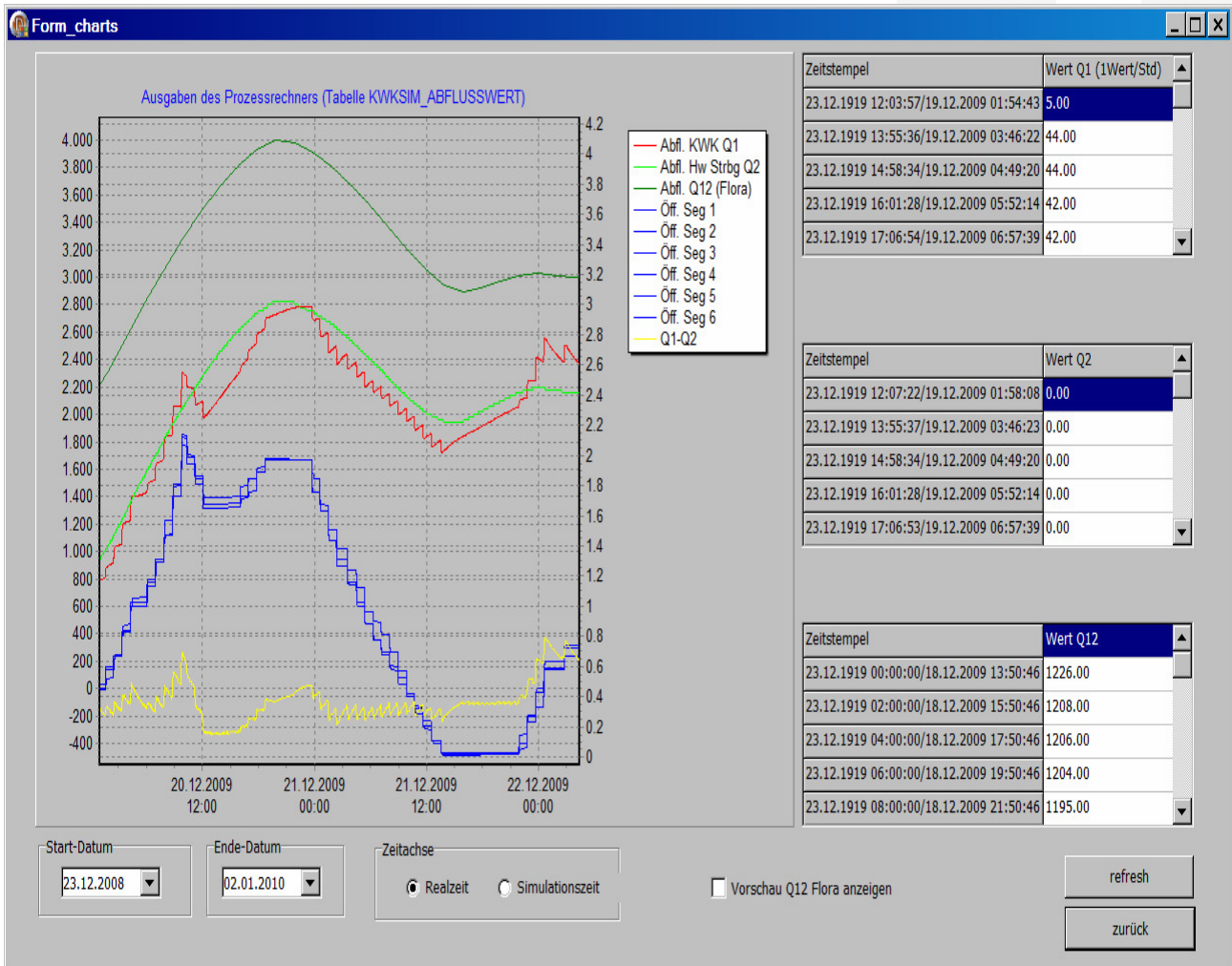
Vorgehensweise (vereinfacht !) z.B. bei Retention:

Soll-Volumen := bisheriges Soll-Volumen + 170 cmb/sek \* 3600 sek

Delta-V (Regler-Eingang) wird auf den in einer Stde maximal erreichbaren Wert begrenzt.



### Detailansicht Retentionsphase

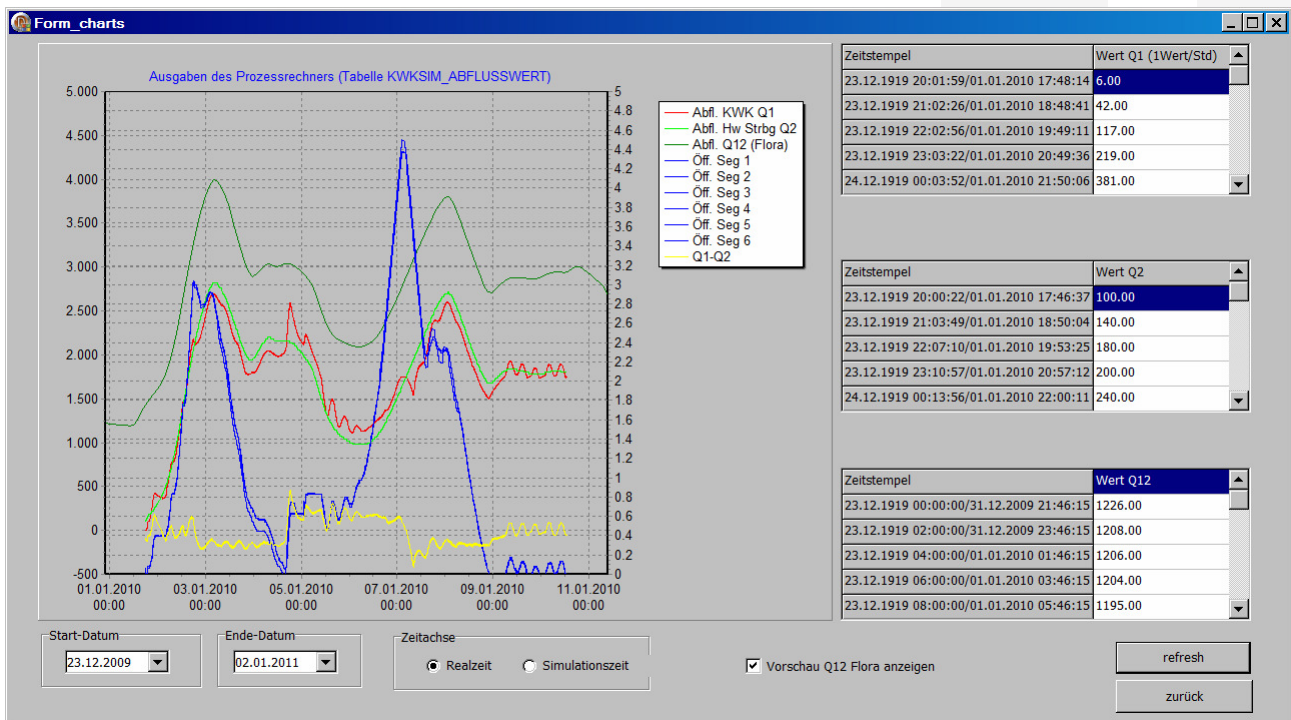


## 10.2 Neuer Regelalgorithmus V2

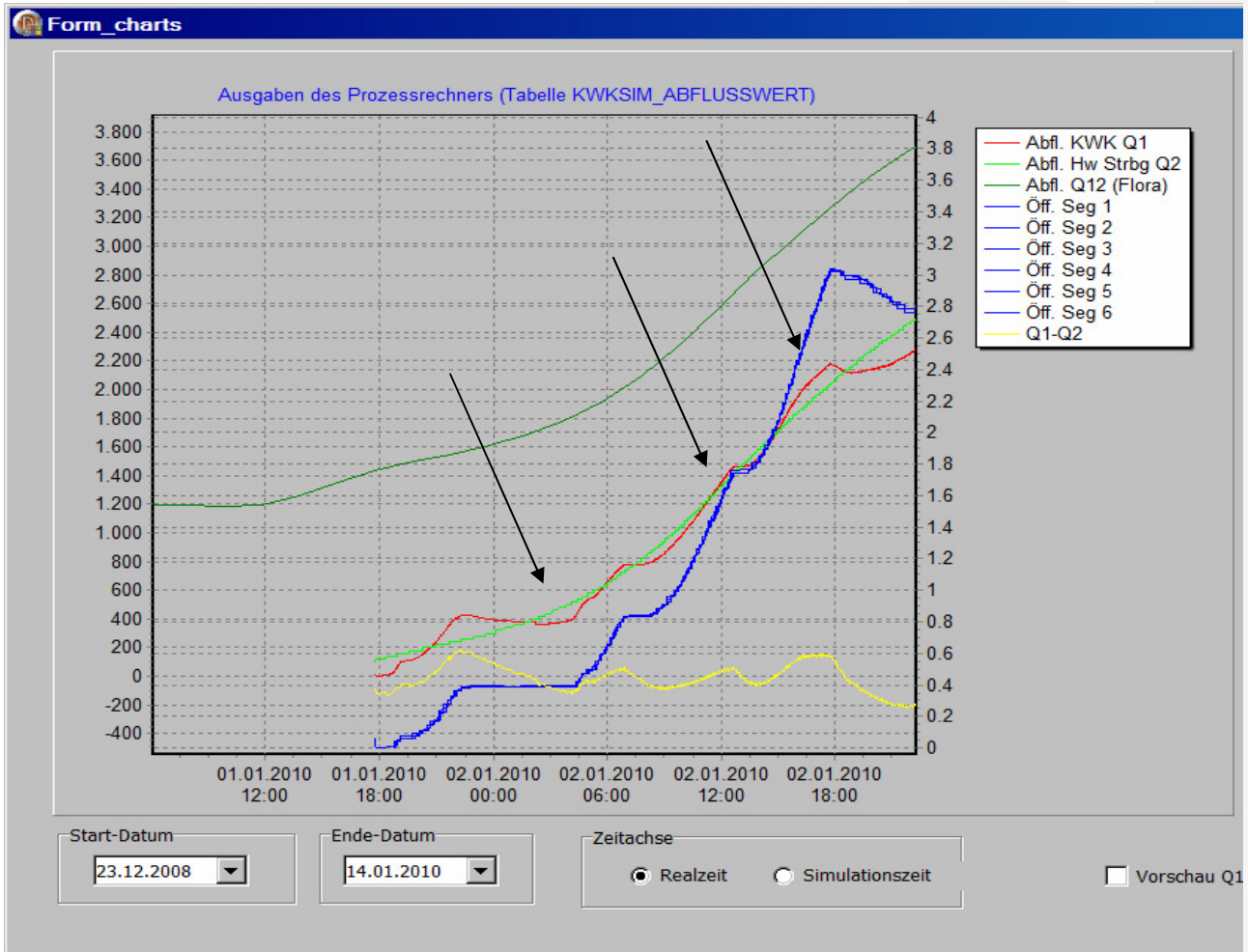
- „direkte“ Regelung DeltaV bzw. Delta H (D19) => Segmentöffnung
- Reglerparameter mit neu erstellter Funktion KWK-Simulation => Reglerparameter ermittelt
- Volumenberechnung ausschliesslich mit Tabelle VHD19
- (Noch) kein DQ-Begrenzer eingebaut, um die Ergebnisse des Reglers nicht zu verfälschen

Simulationsergebnisse:

Echtzeit	Betriebsart
2.1.2010 12:44	Vorentleerung
2.1.2010 17:49	Retention
4.1.2010 15:39	Ende Retention
5.1.2010 9:49	Entleeren
7.1.2010 3:49	Retention
9.1.2010 5:49	Entleeren



Detaildarstellungen

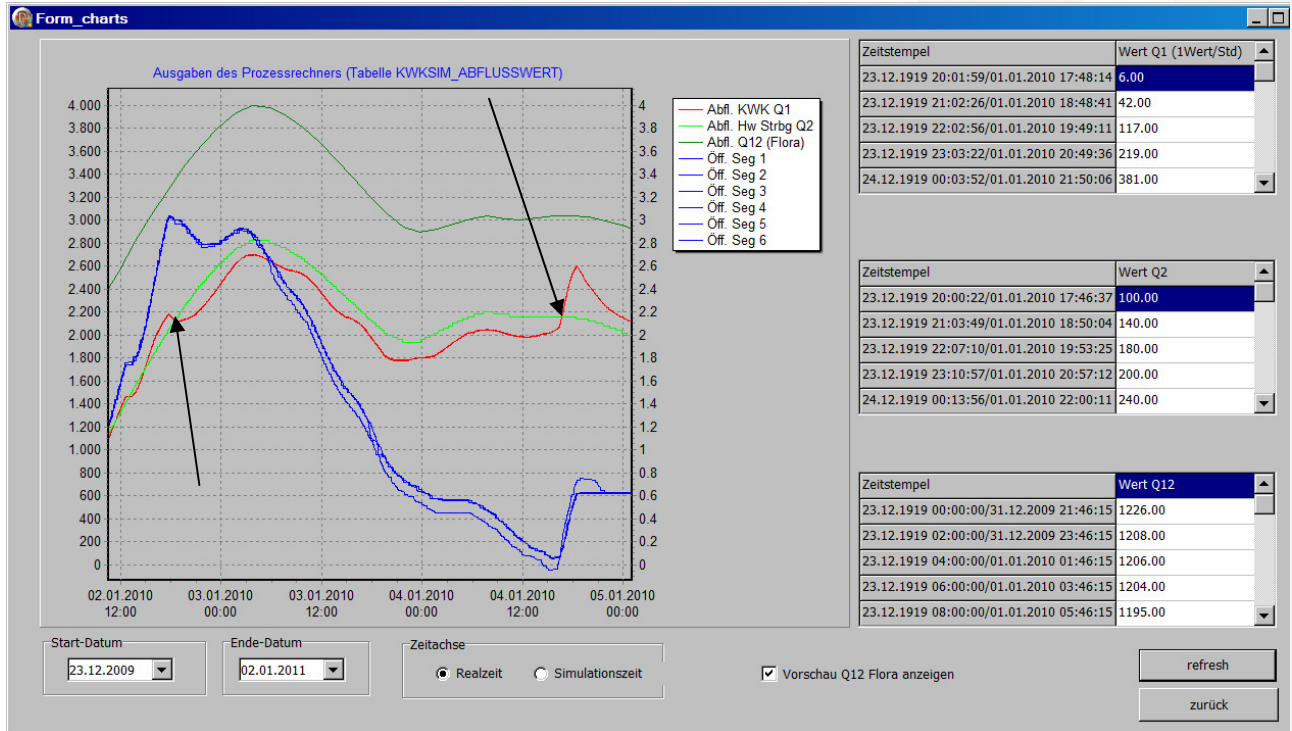


**Detailansicht Normalstau, Kippbetrieb (Start beim 1. Pfeil) und Vorentleerung (Start beim 2. Pfeil)**

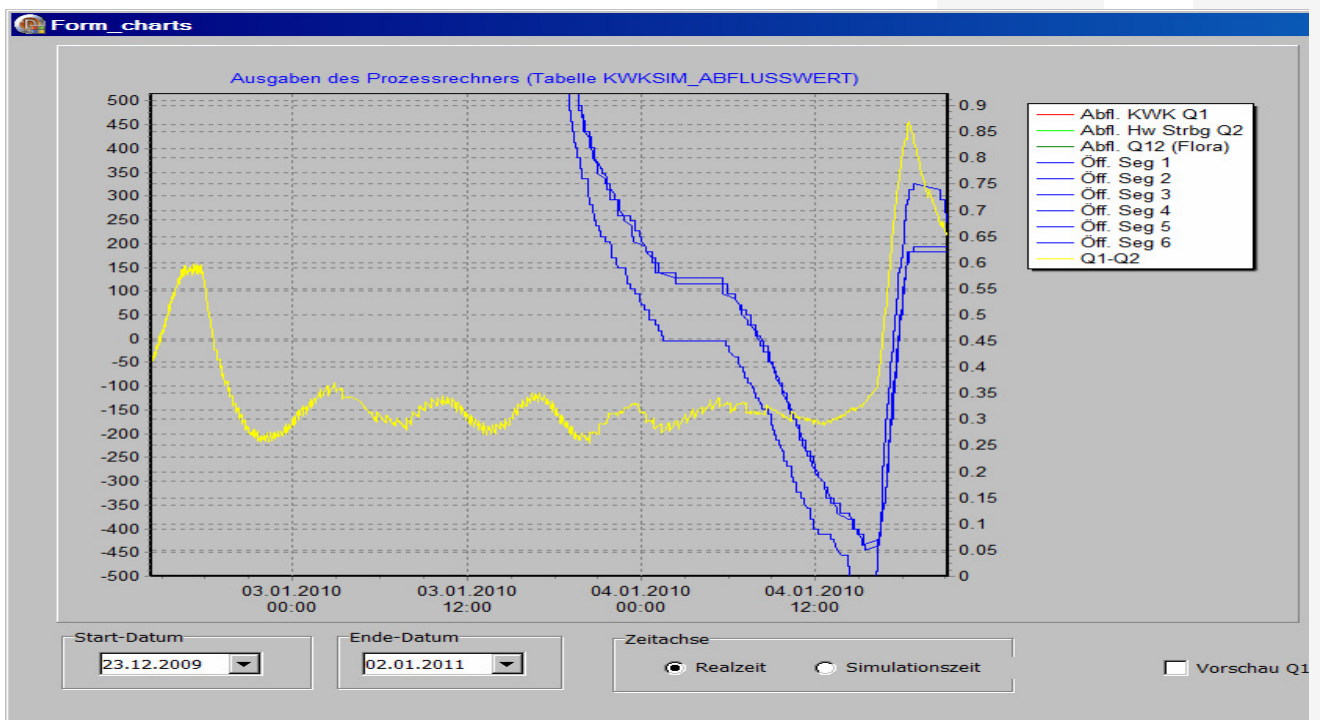
Hinweis: (3. Pfeil: Start Retention)

### Darstellung der Retentionsphase

Übergang „Vorentleerung“ => „Retention“ und „Retention“ => „Ende Retention“ (durch Pfeile markiert) ist klar erkennbar.

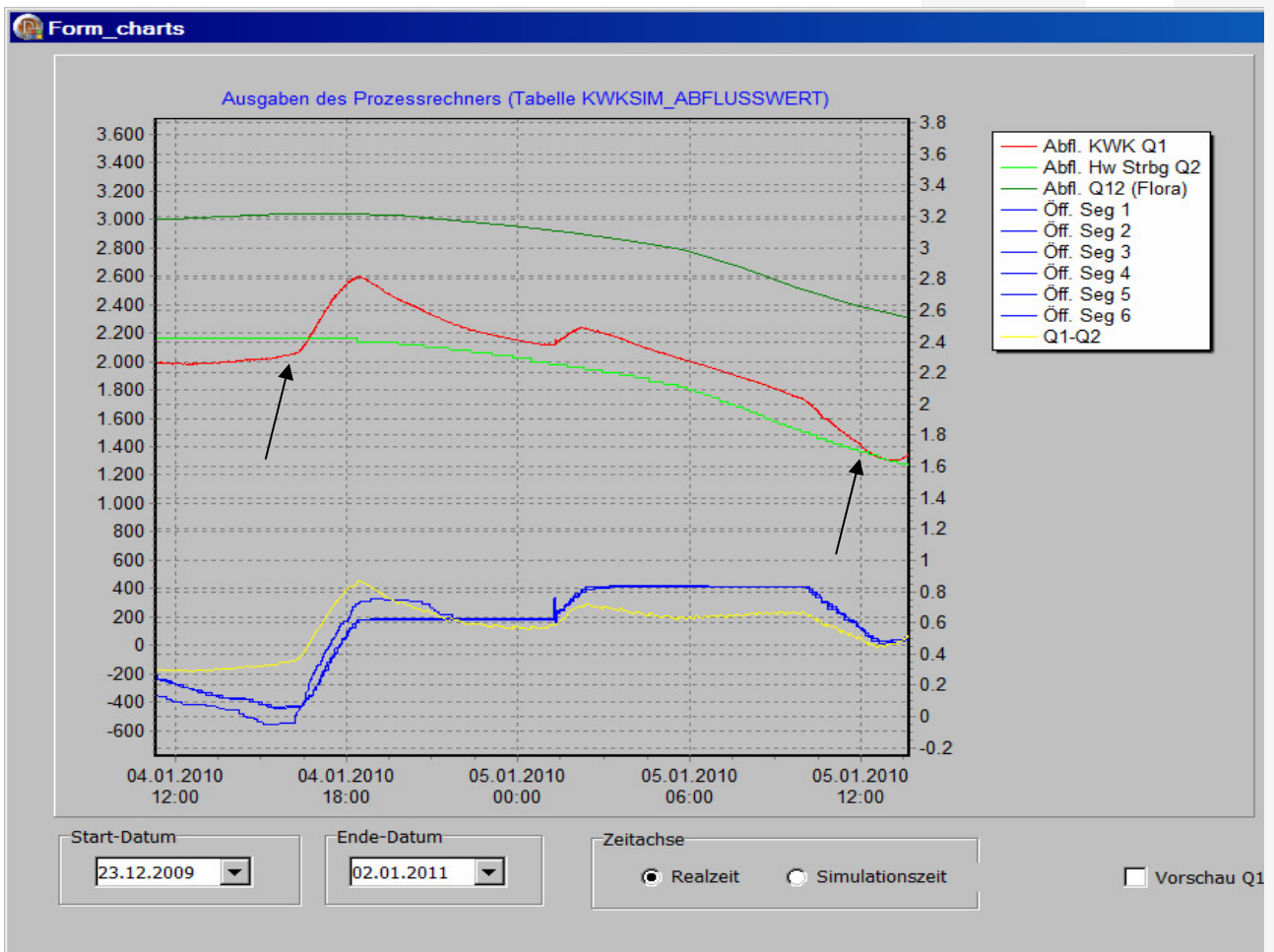


Allerdings schwankt deltaQ noch recht stark, wie die nächste Grafik zeigt



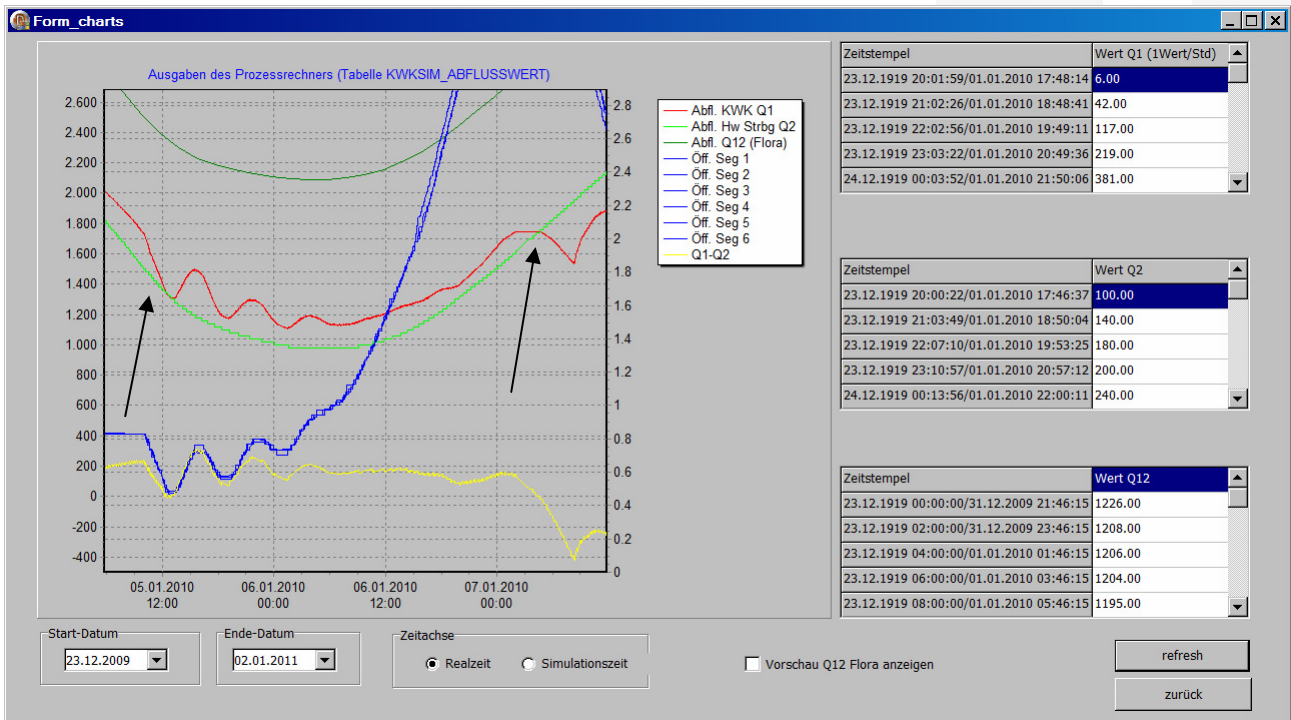
Darstellung der Phase „Ende Retention“

D.h. Regeln nach H-Soll 142,5 mit DQ-Begrenzung +/- 350 cbm/s

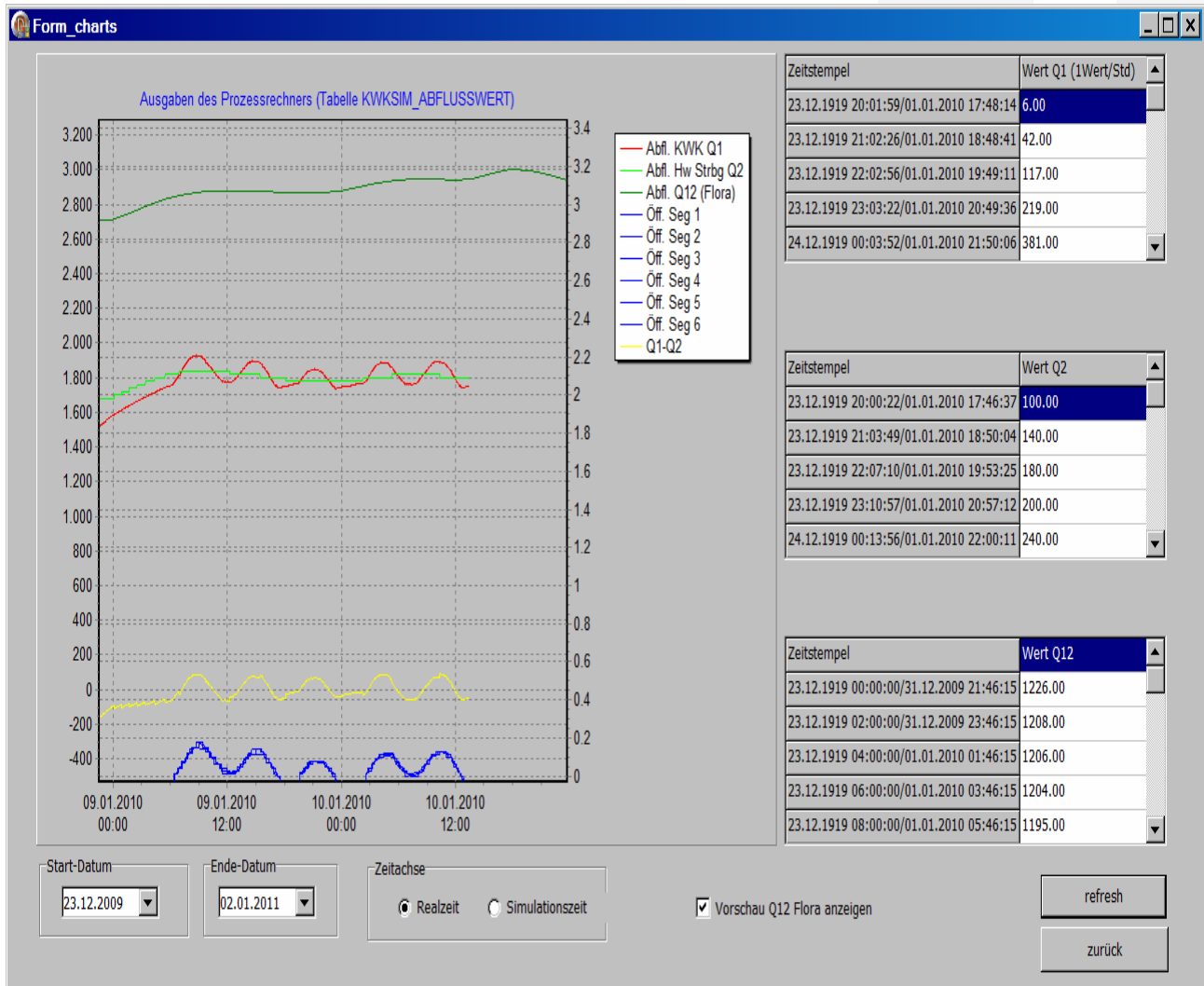




Darstellung der Phase „Entleeren“ (5.1.2010 9:49 bis 7.1.2010 3:49)  
D.h. Abfluss Kehl Kronenhof halten mit maximalem DQ von 170 cbm



Darstellung der Phase „Entleeren“ (ab 9.1.2010 9:49 )



Das Problem hierbei ist, dass sich Änderungen der Segmentöffnung erst sehr viel später beim Abfluss Kehl Kronenhof bemerkbar machen.

**Es sollte darüber nachgedacht werden hier einfach auf einen konstanten Abfluss Q1 zu regeln.**

Zusammenfassung:

Dieser Algorithmus kann m.E. als Prototyp für den neuen Regelalgorithmus verwendet werden.

- Das Problem mit QKK-Halten muss noch diskutiert werden

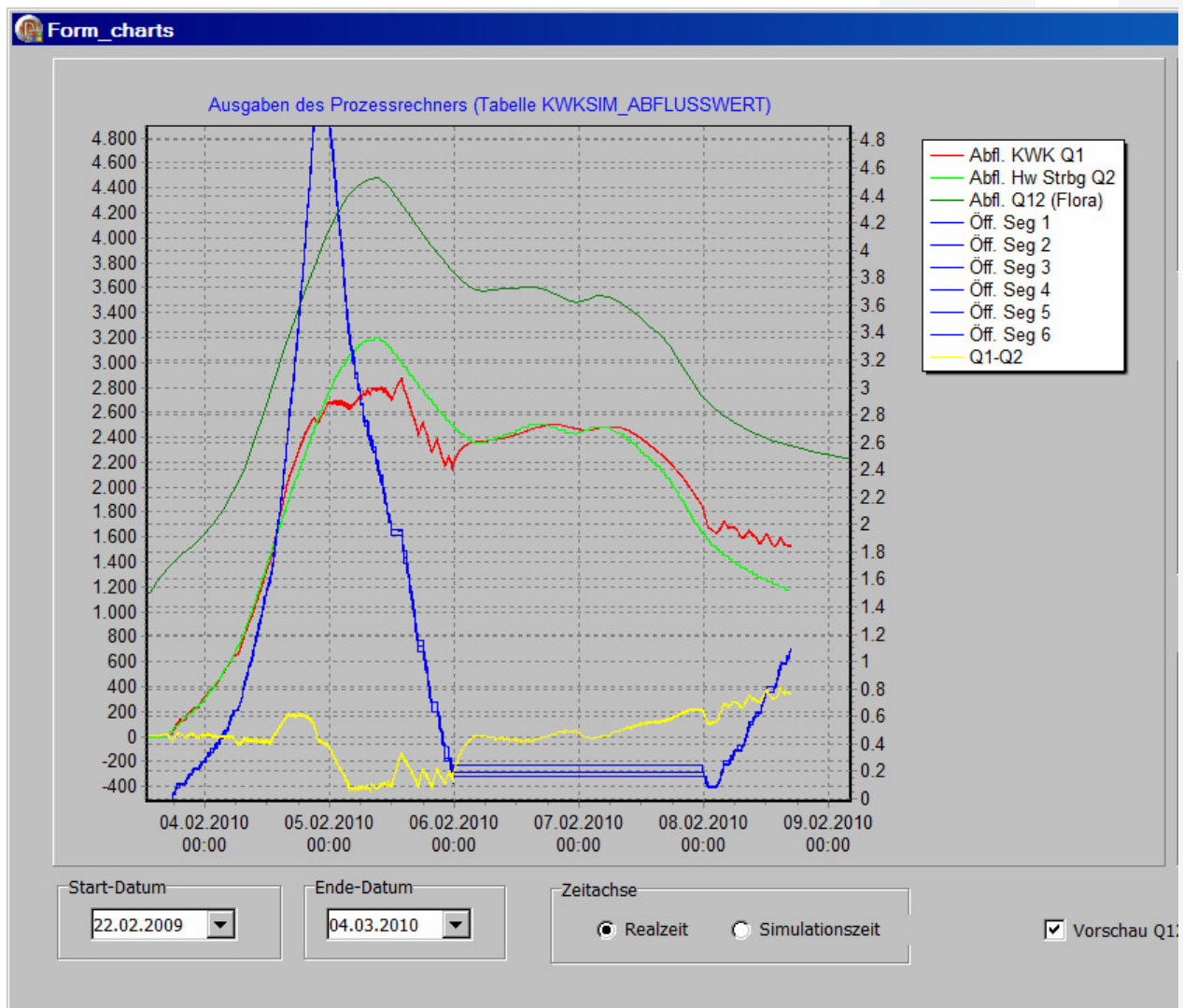
### 10.3 Neuer Regelalgorithmus V2.1 mit HW 1957

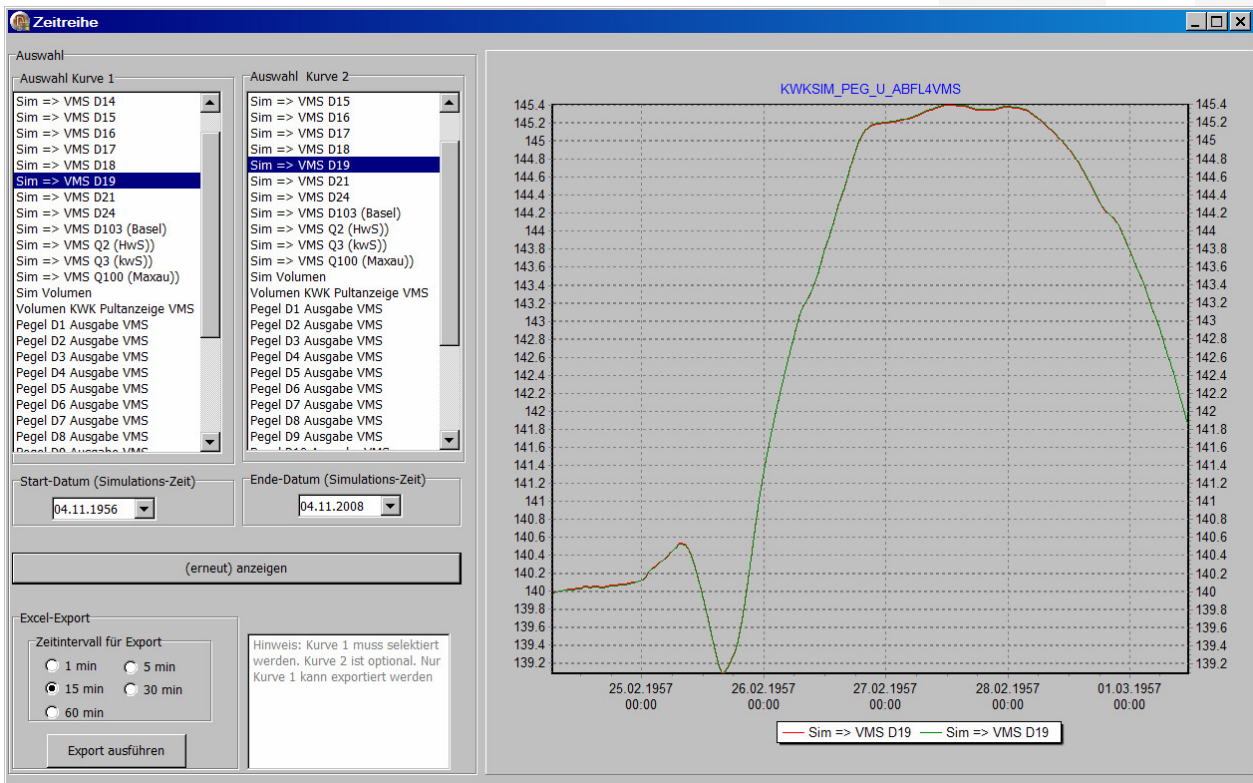
Änderungen gegenüber V2:

Verschiedene Überwachungen / Begrenzungen eingebaut

Betriebsarten:

Echtzeit	Simulationszeit	Betriebsart
3.2.2010 11:34	24.2.1957 06:00	Normalstau
4.2.2010 05:54	25.2.1957 00:20	Kippbetrieb
4.2.2010 12:26	25.2.1957 12:26	Vorentleerung
4.2.2010 23:40	25.2.1957 18:06	Retention
5.2.2010 23:54	26.2.1957 18:20	Ende Retention
7.2.2010 23:40	28.2.1957 18:06	Entleeren



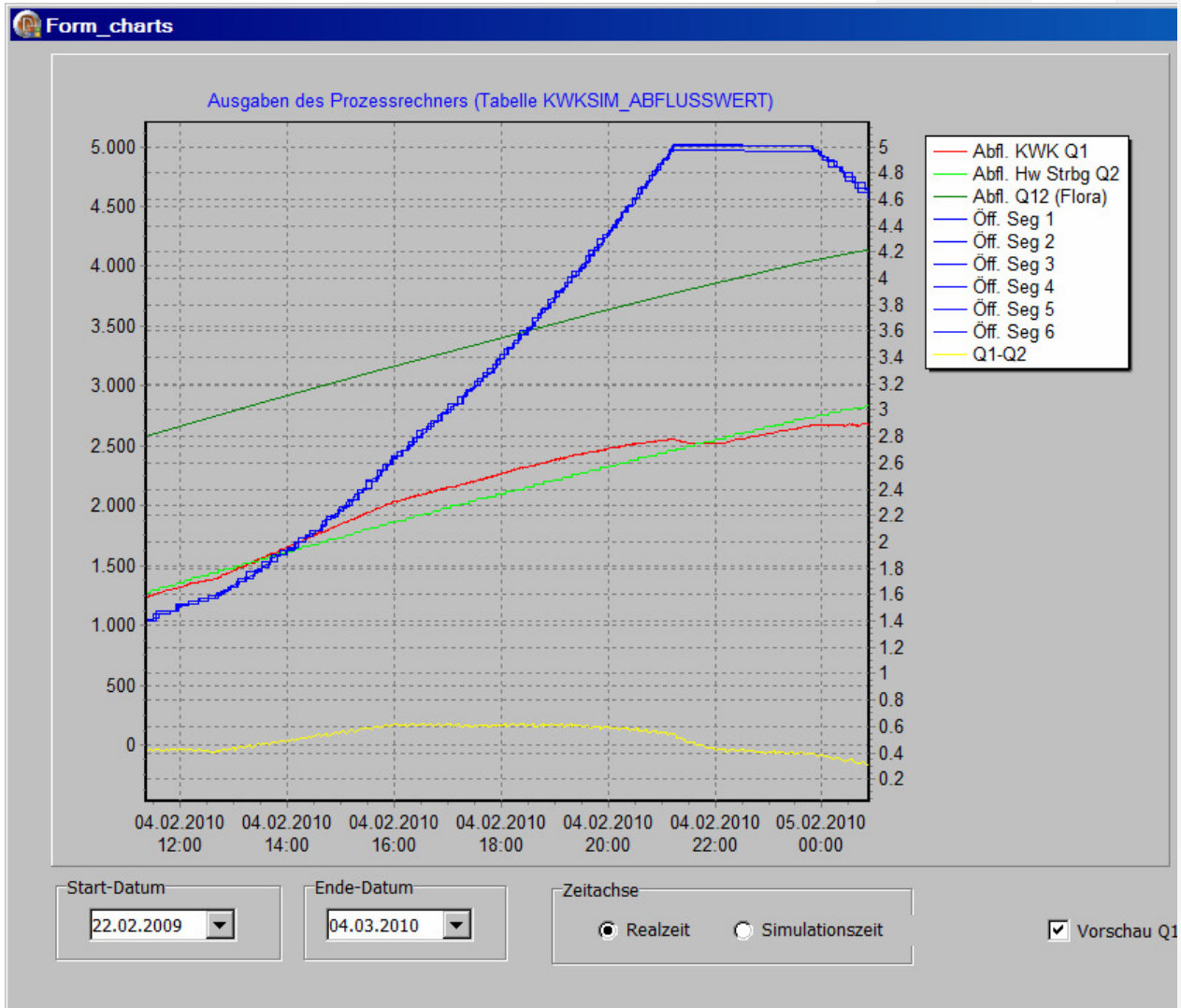


**Abbildung 16 HW 1957 D19**

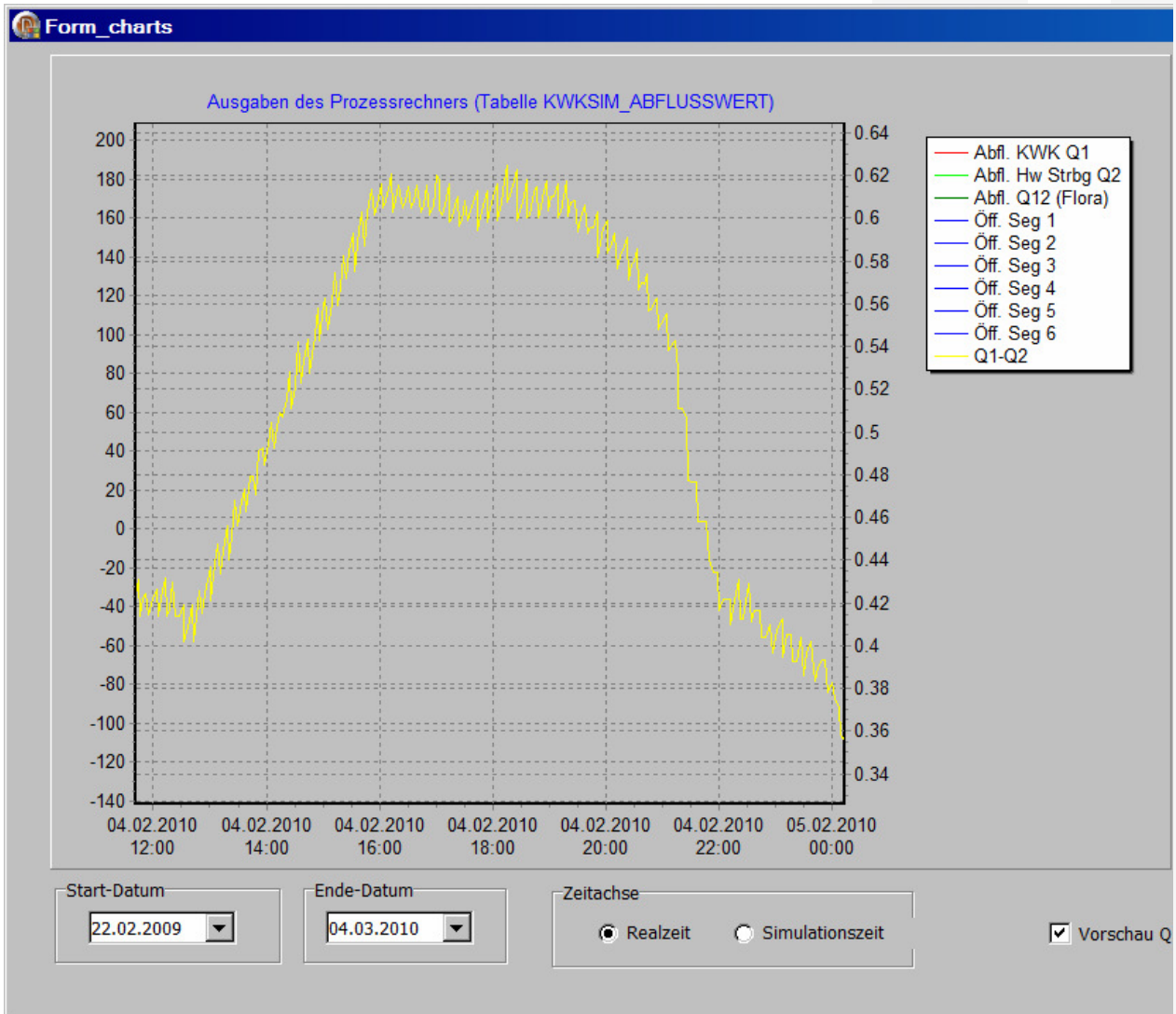
Detailberachtung Normalstau Kippbetrieb:

Nicht notwendig, da keine Auffälligkeiten

Detailbetrachtung Vorentleerung:



Vorgabe für Vorentleerung war -200 CBM/sek  
 Konstantes DQ (zwischen 160 und 180) nach 2,5 Std



**Abbildung 17 HW 1957 Vorentleerung Q1 - Q2**

Detailbetrachtung Retention

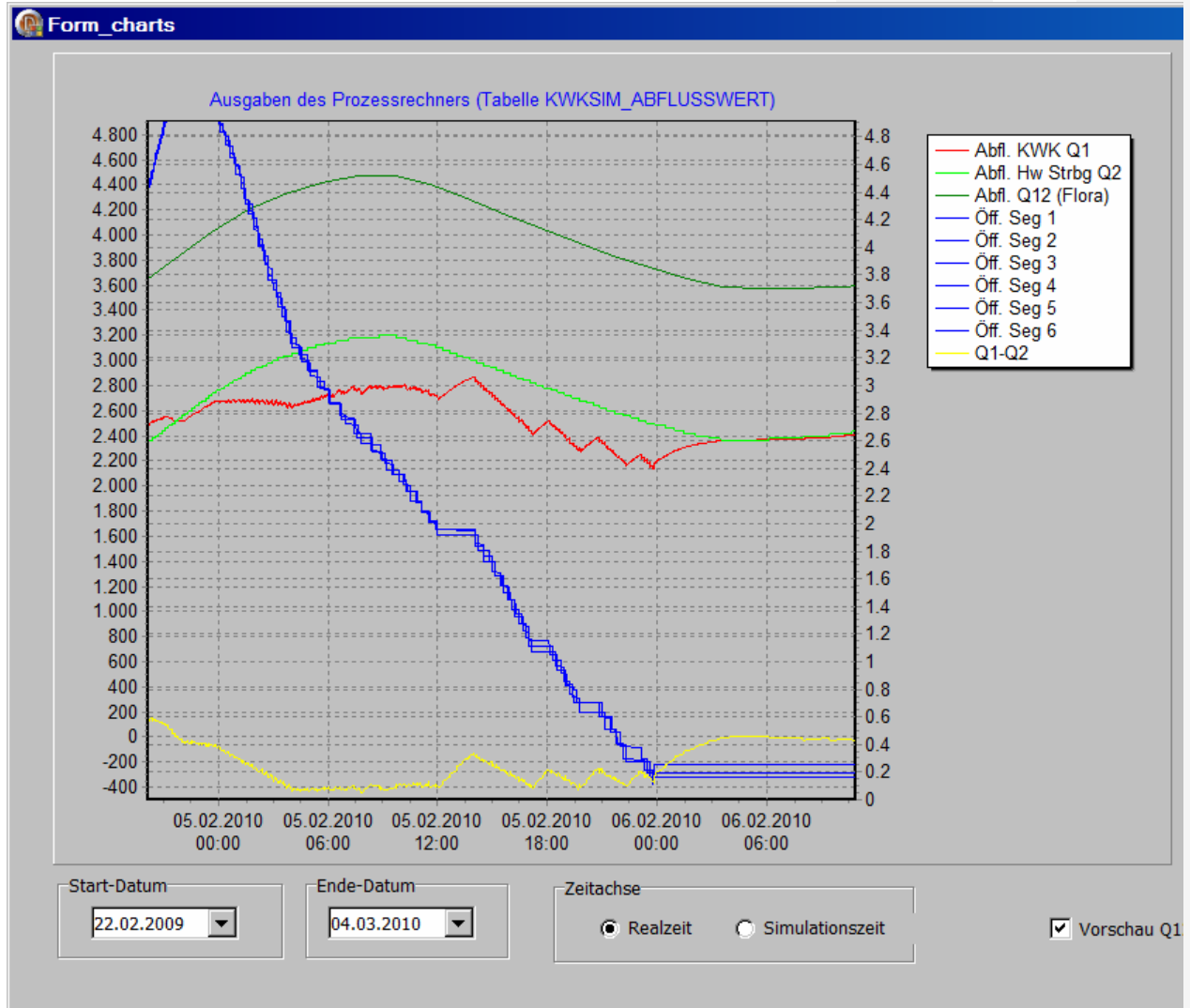


Abbildung 18 HW 1957 Retention

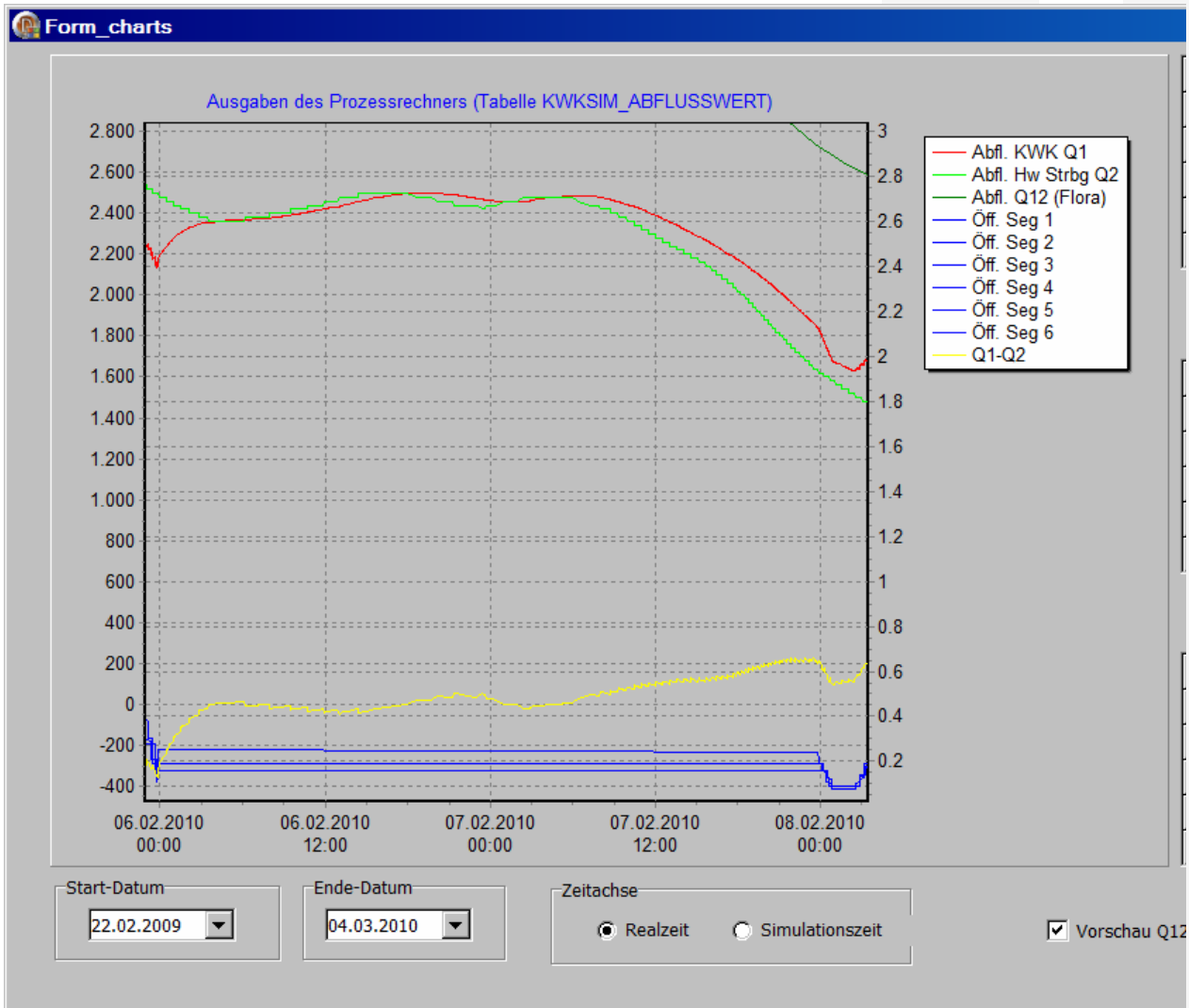
Eingestelltes DQ-Soll: 400 CBM/sek

**Die neu eingebaute Begrenzung beachtete leider nicht alle Möglichkeiten korrekt.**

**Deshalb die Abflusszunahme um 12:00 Uhr.**

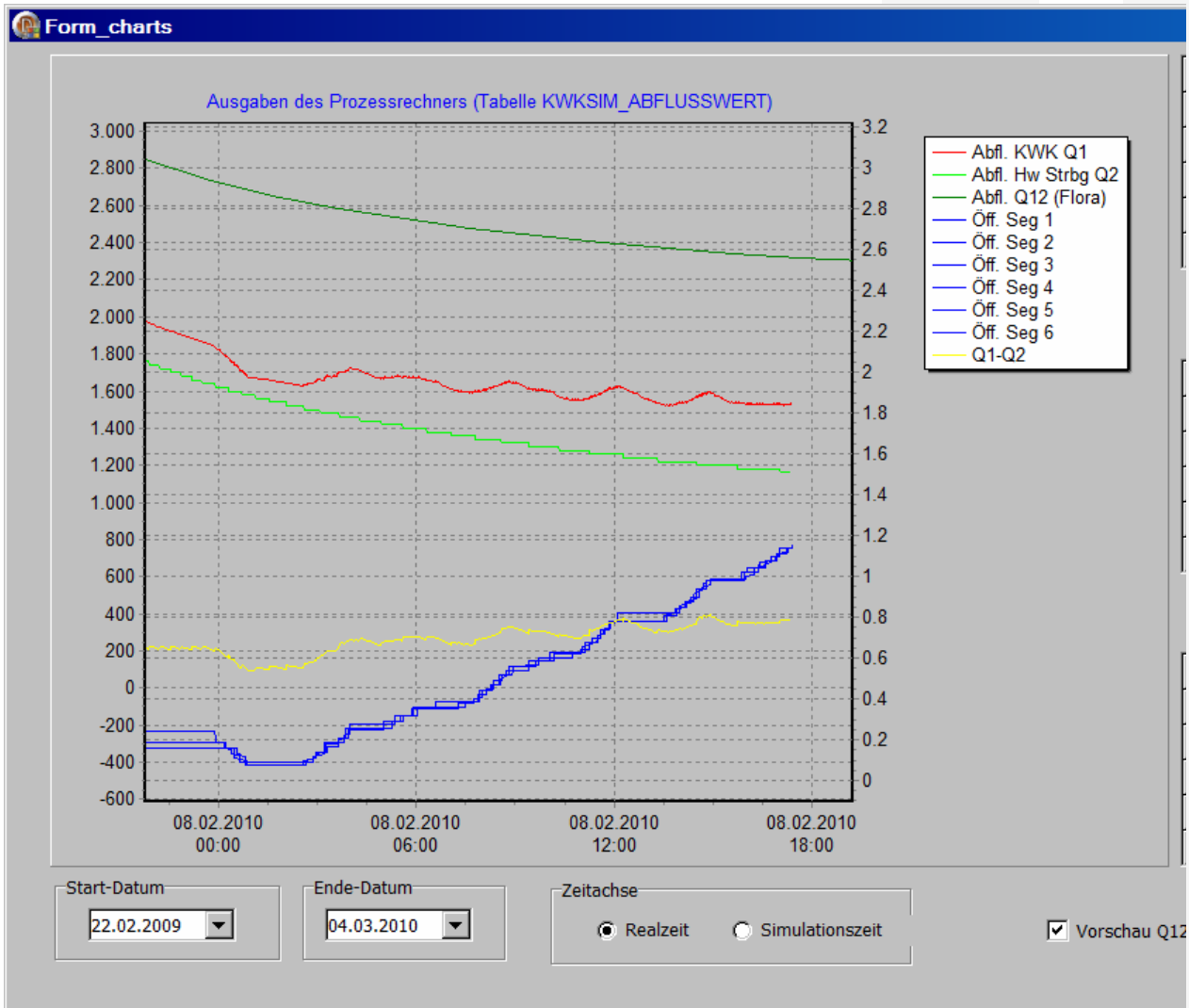
**Fehler beseitigt, allerdings keine Zeit für neuen Simulationslauf vor Besprechung**

Detailbetrachtung Ende Retention = Regeln nach H-Soll 142.5



Beim momentanen Algorithmus (Prototyp !) wird Regelschritt verworfen, wenn gegen eine Begrenzung verstossen werden würde. Hier zeigt sich das der Regelschritt auf das „erlaubte“ reduziert werden müsste.

Detailberachtung Entleeren = QKK halten



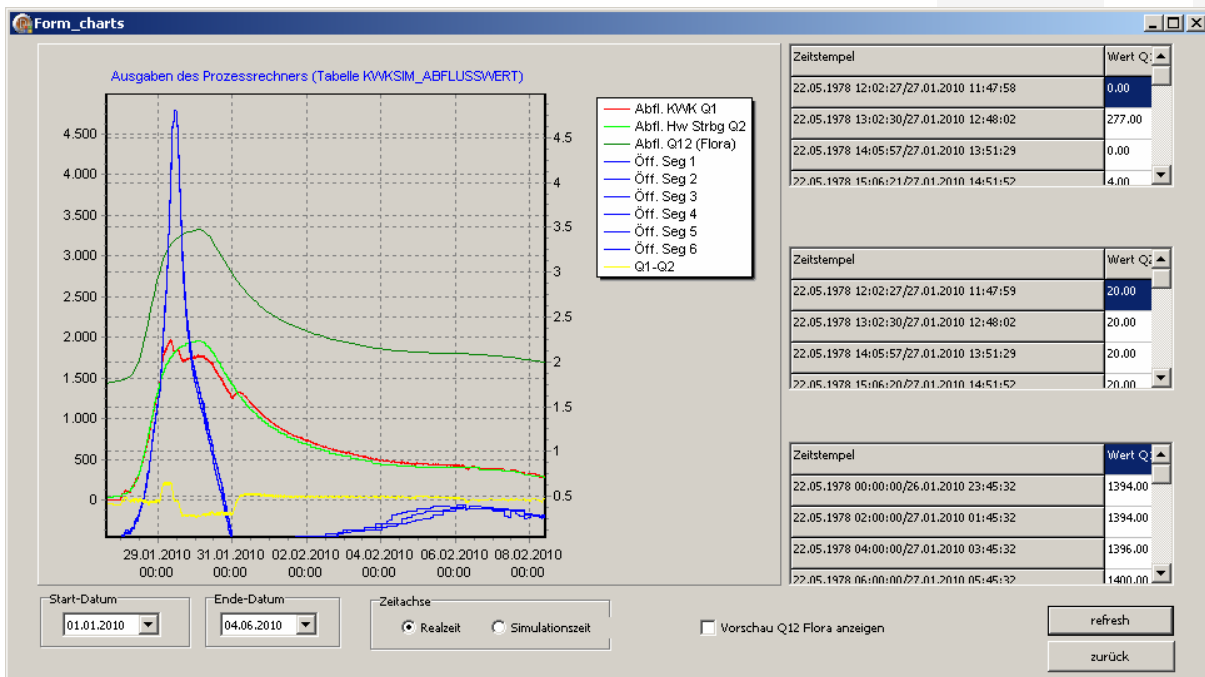
Regeln nach DQ-Soll, wobei DQ-Soll kontinuierlich erhöht wird (bis 400 CBM/Sek).

Schwankungen von Q1 aufgrund der Zeitverzögerung Kehl Kronenhof

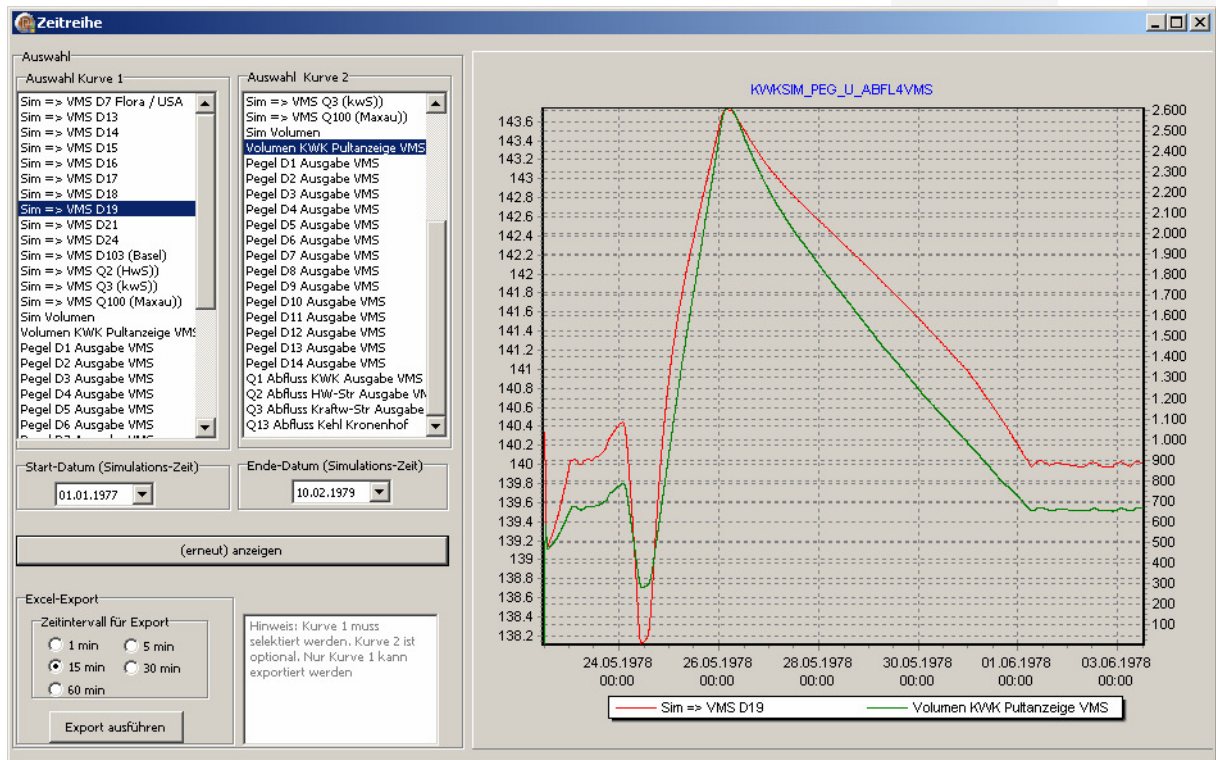
## 10.4 Neuer Regelalgorithmus V2.1 mit HW 1978

Betriebsart		
Normalstau	27.1.2010 14:42	22.05.1978 14:57
Kippbetrieb	28.1.2010 17:13	23.05.1978 17:28
vorentleerung	29.1.2010 01:02	24.05.1978 01:17
Retention	29.1.2010 11:46	24.05.1978 12:01
Entleeren	31.1.2010 09:46	26.05.1978 10:01
Normalstau	06.2.2010 05:39	01.06.1978 05:54
-- Ende Simulation --	08.2.2010 12:00	03.06.1978 12:15

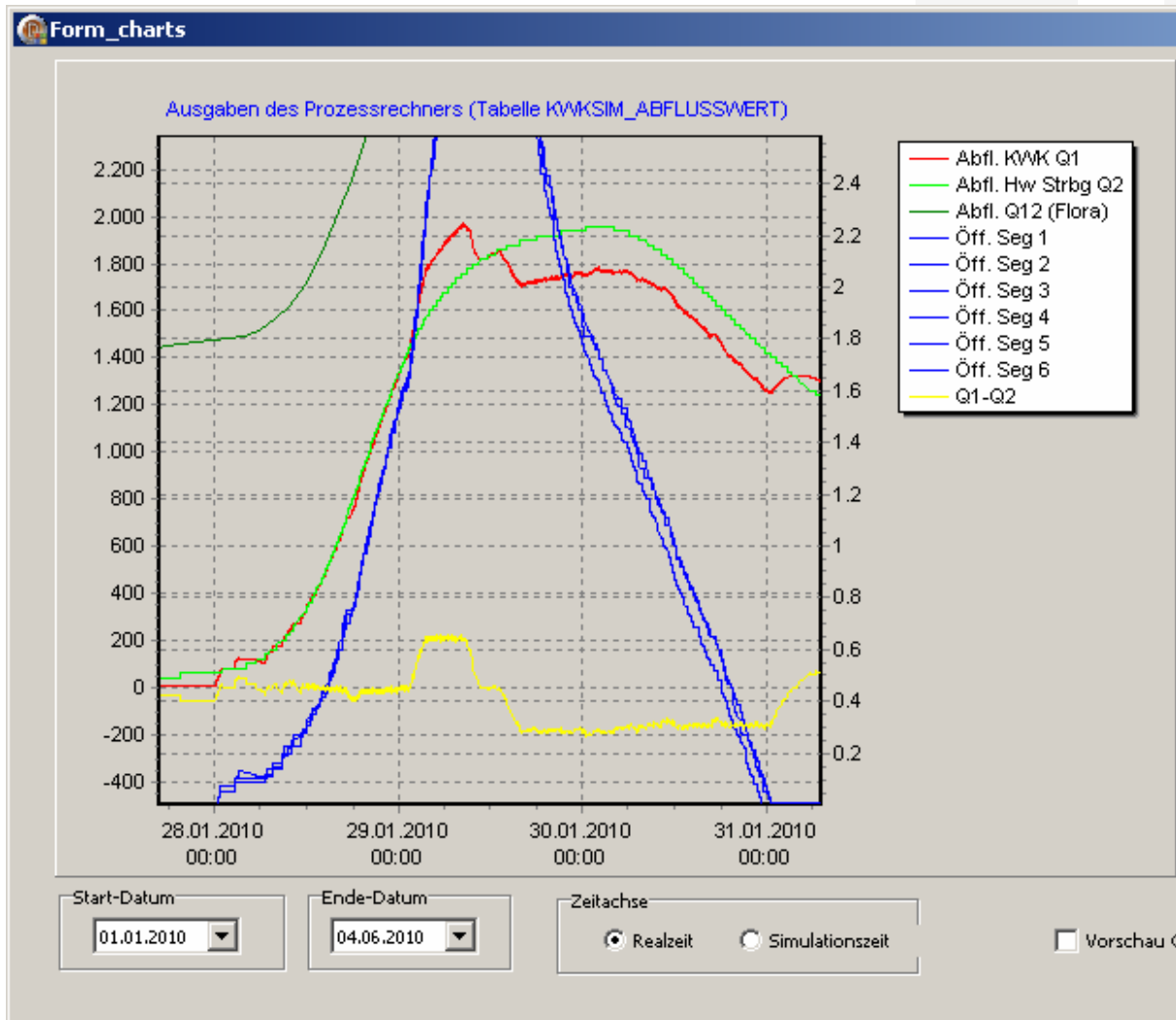
### Gesamtübersicht



## Gesamtverlauf D19 und Volumen



Detailbetrachtung Normalstau / Kippbetrieb / Vorentleerung / Retention



Normalstau: (bis 28.1.2010 17:13 / 23.05.1978 17:28)

Kippbetrieb (bis 29.1.2010 01:02 / 24.05.1978 01:17)

Keine Auffälligkeiten

Vorentleerung (bis 29.1.2010 11:46 / 24.05.1978 12:01 )

Eingestelltes max. DQ: -200 cbm/sek wird zunächst erreicht und eingehalten.

Danach Begrenzung der Vorentleerung durch Regler-Nebenbedingung:

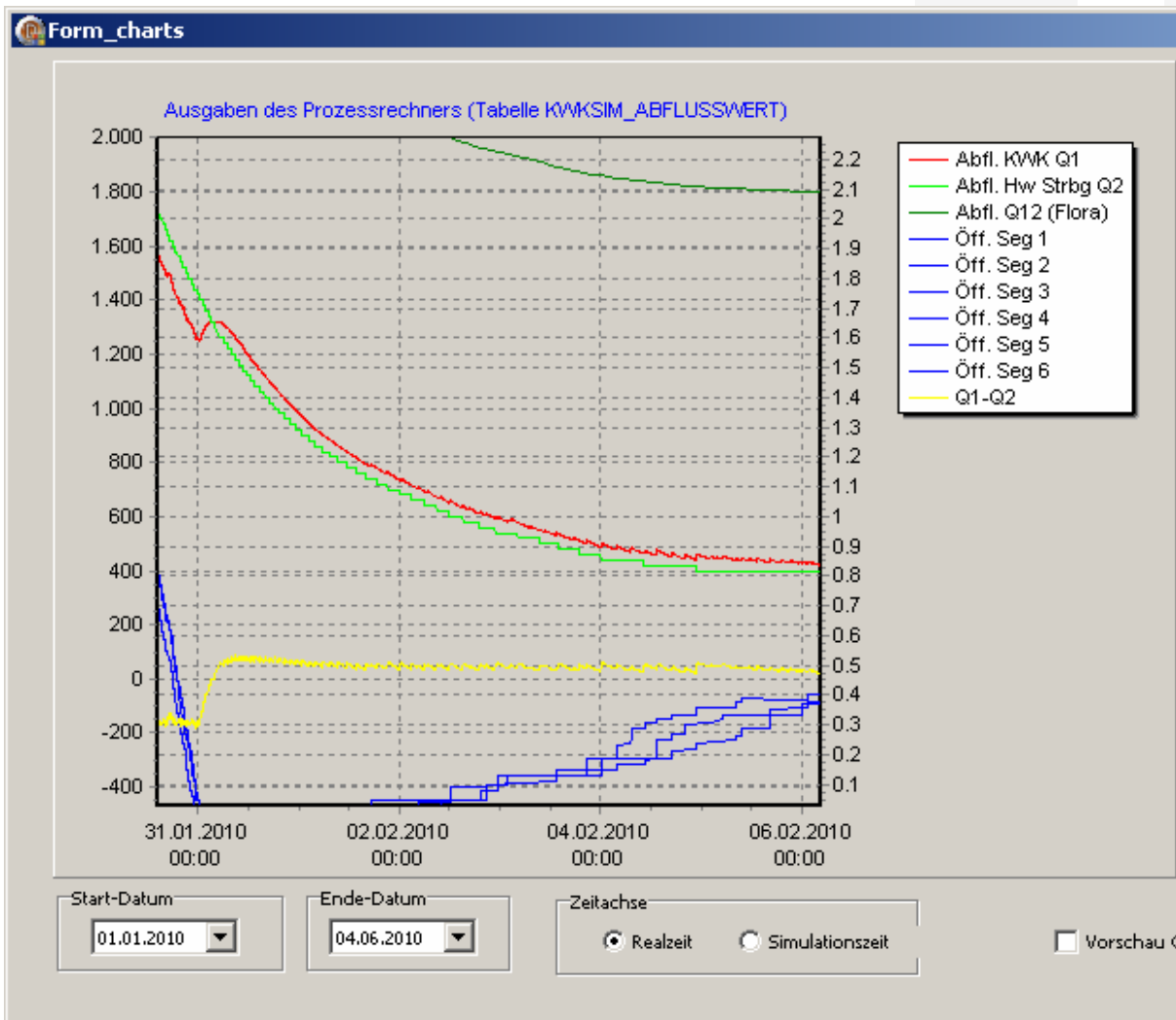
Kein weiteres Öffnen wenn  $(D19 - 133.7) < \text{Bauwerksöffnung}$

→ deshalb wird  $Q1 = Q2$

Retention (bis 31.1.2010 9:46 / 26.05.1978 10:01 )

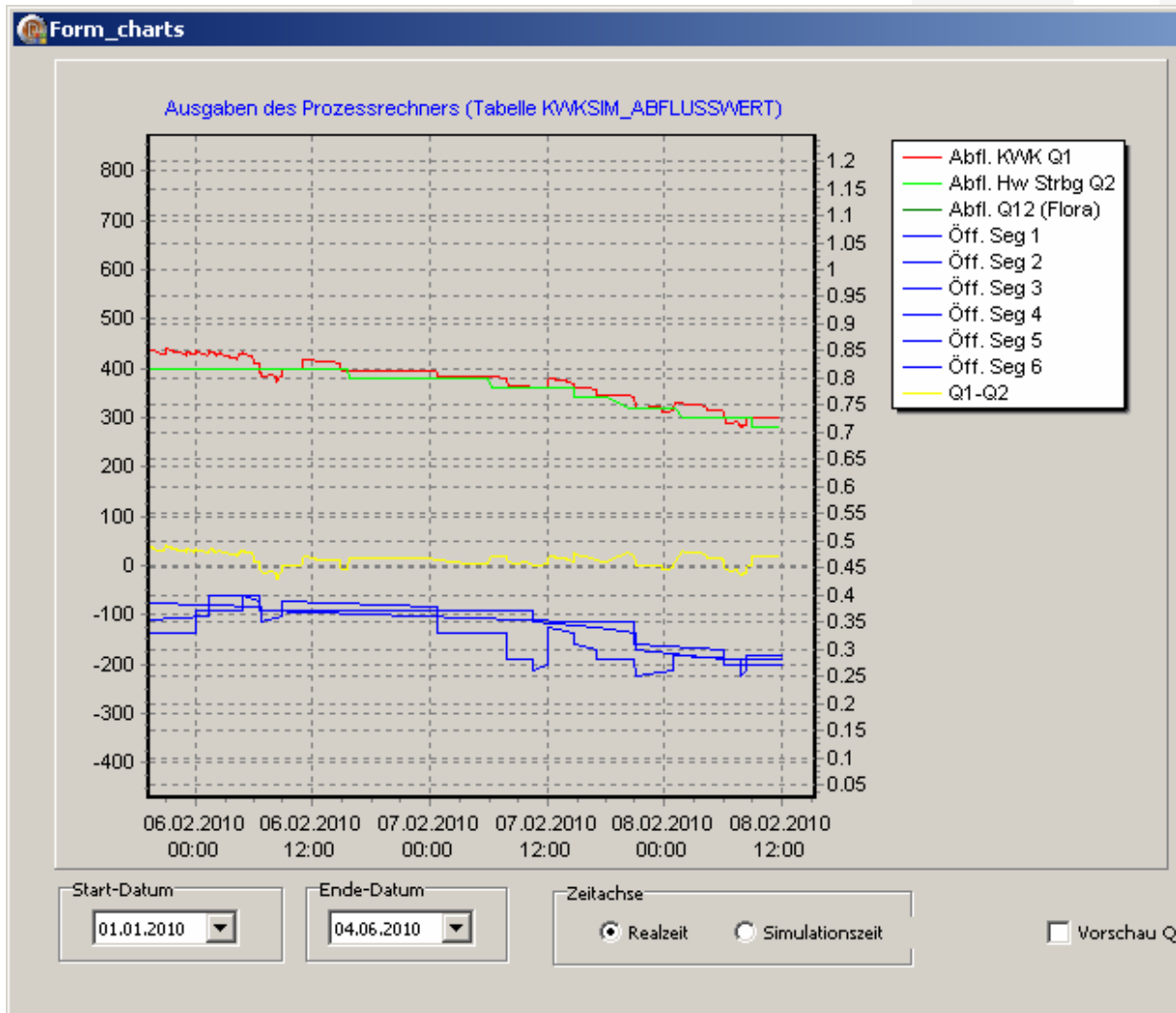
Eingestelltes max. DQ: 200 cbm/sek wird erreicht und eingehalten

Detailbetrachtung Entleeren



Hier ist das erreichte DQ noch zu gering !  
Fehler beseitigt, siehe Simulation HW 1957

Detailbetrachtung Normalstau (nach der Entleerung)



D19 kann ohne größere Schwankungen gehalten werden  
Keine großen Schwankungen der Segmentöffnung (rechte y-Achse)  
Regelung im Normalbetrieb (kein Hochwasser) sollte ähnlich aussehen

## 11 Simulationsläufe nach der Besprechung vom 9.2.2010

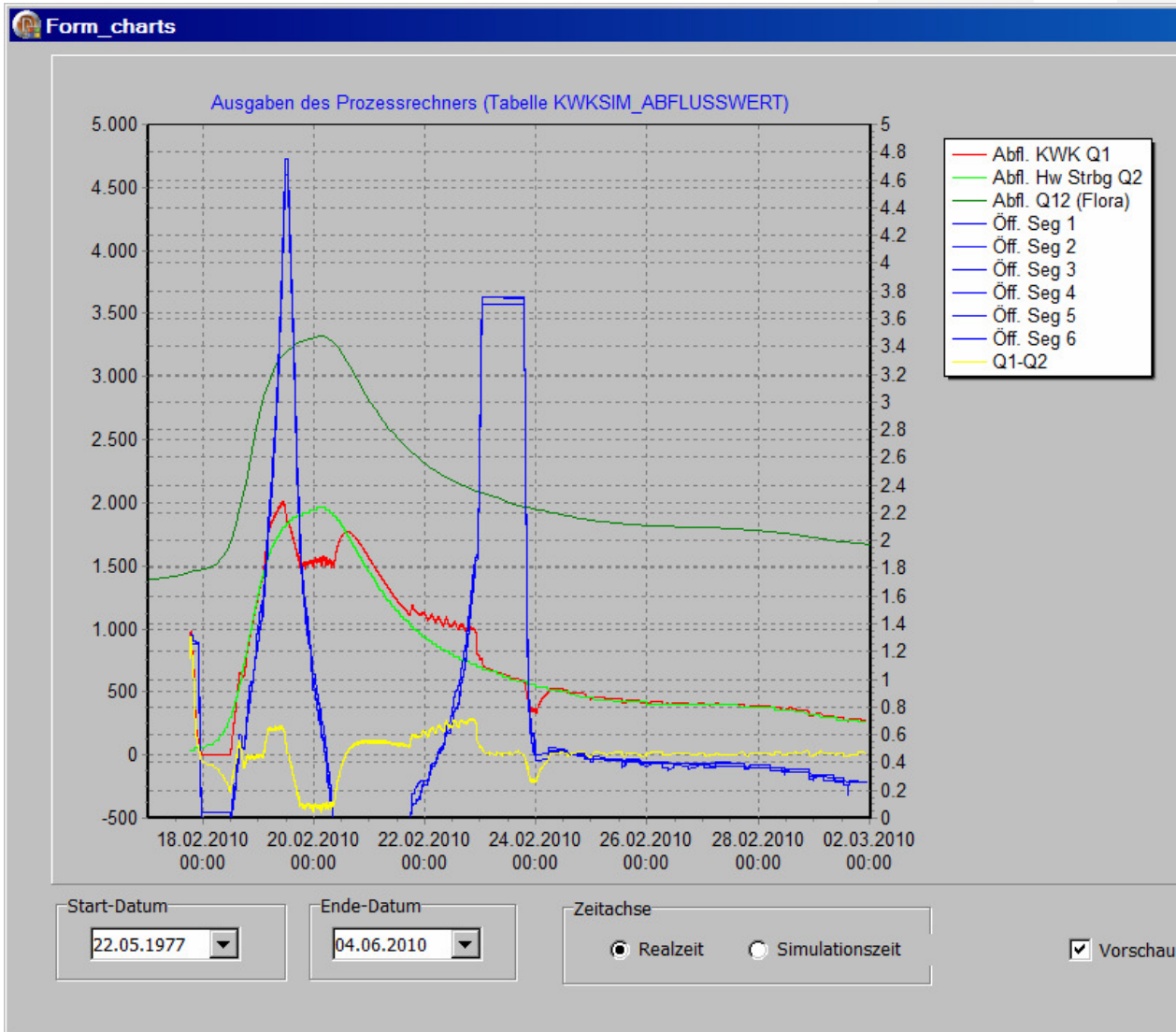
Änderungen:

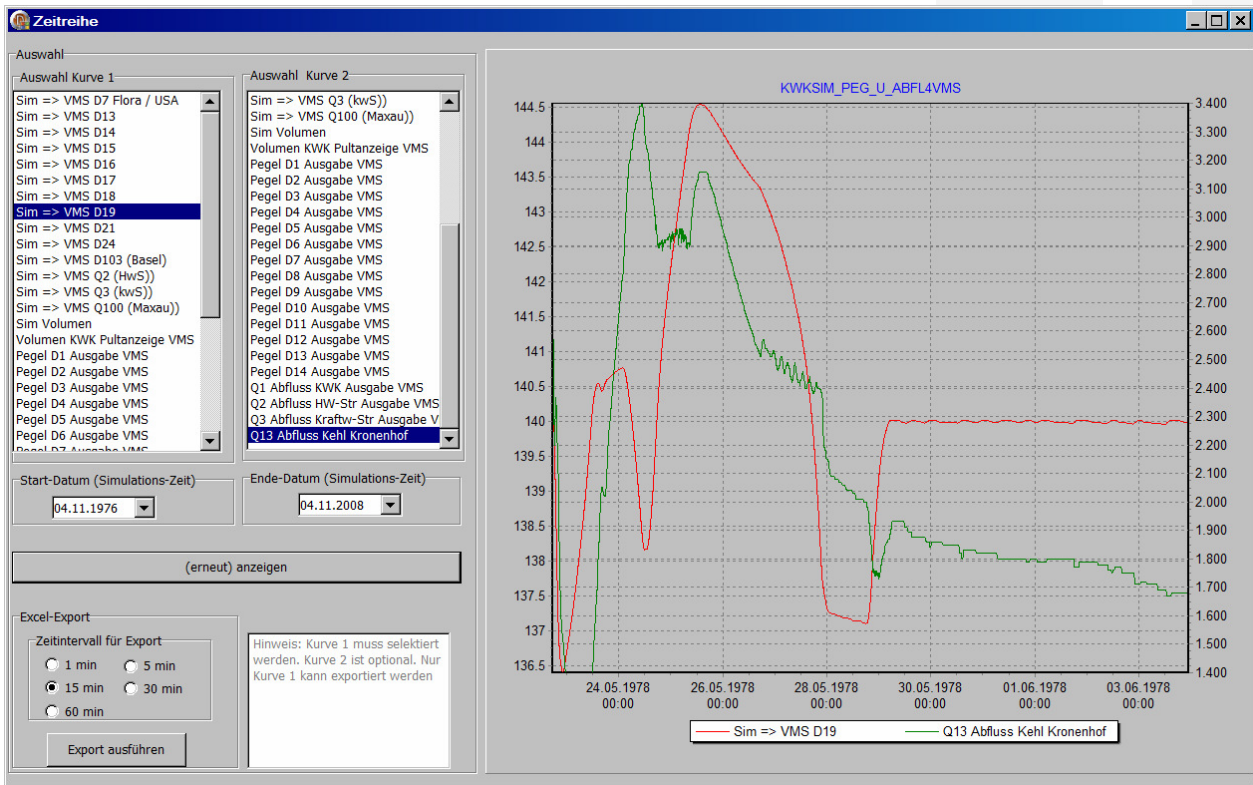
- Mit aktuellem Reglement
- Bei Erreichen einer Begrenzung: Regelschritt nicht verwerfen, sondern so reduzieren, dass die Begrenzung eingehalten wird (falls möglich)

### 11.1 HW 1978 mit dem originalen Regelalgorithmus V 2.1

Betriebsart	Realzeit	Simulationszeit
Normalstau	17.2.2010 20:58	22.05.1978 20:18
Kippbetrieb	18.2.2010 16:24	23.05.1978 15:44
vorentleerung	19.2.2010 02:00	24.05.1978 01:20
Retention	19.2.2010 12:44	24.05.1978 12:04
Entleeren	21.2.2010 10:44	26.05.1978 10:04
Normalstau	23.2.2010 19:03	28.05.1978 18:23
-- Ende Simulation --	02.3.2010 19:00	04.06.1978 18:20

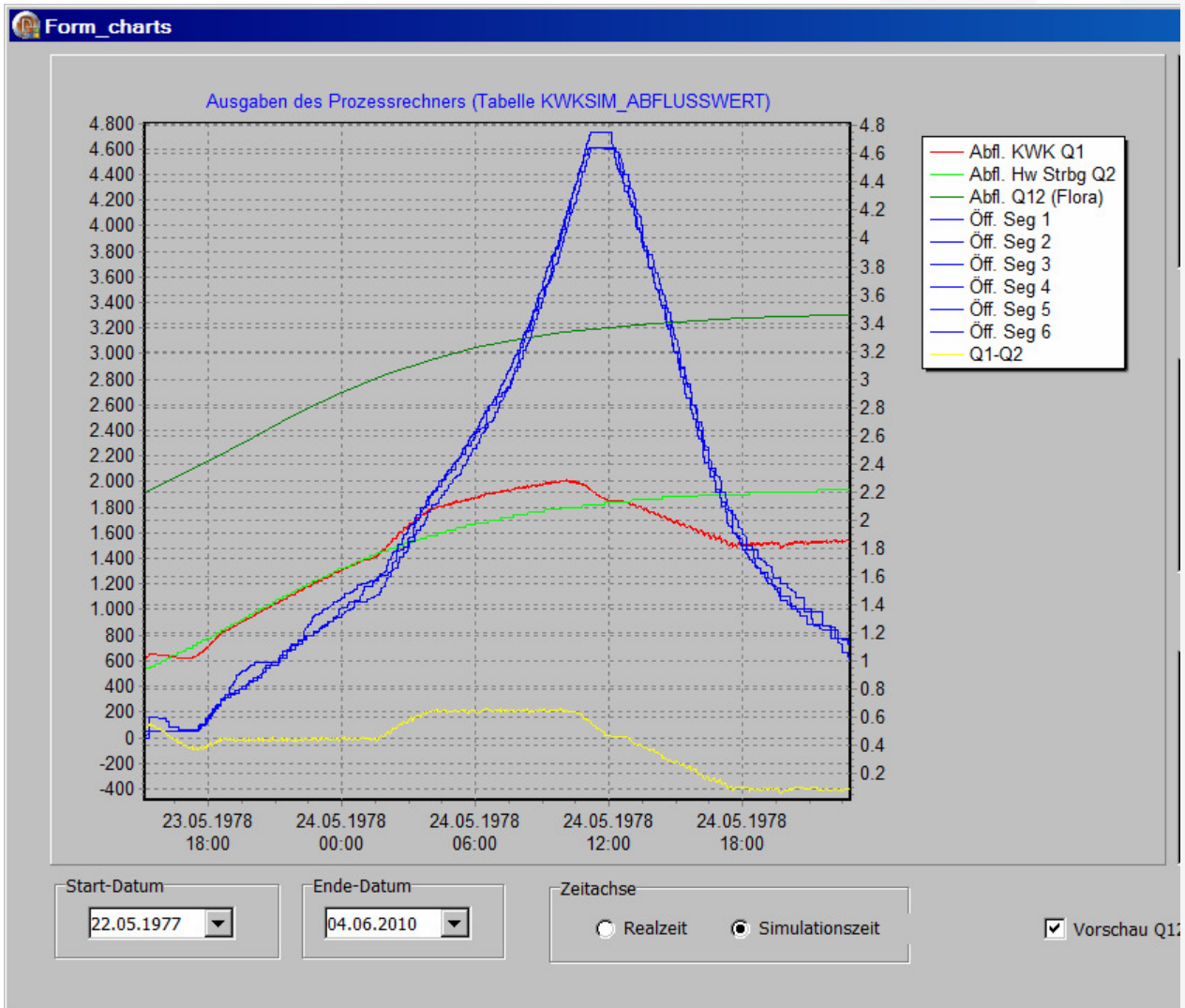
Gesamtübersicht





Hier ist insbesondere die H-Soll- Regelung (140.0) zu erkennen

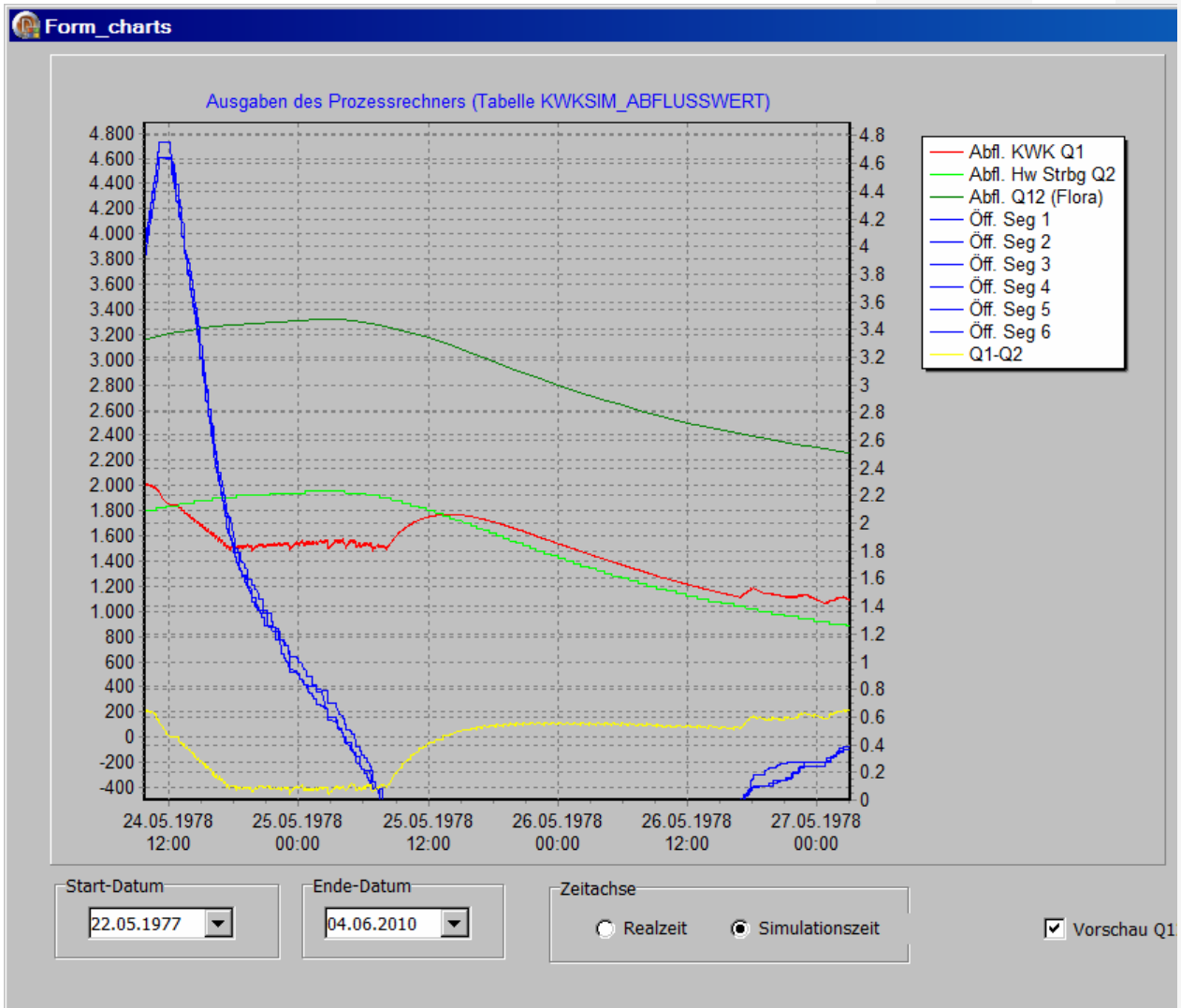
Normalstau, Kippbetrieb, Vorentleerung und Beginn der Retention



**Im Kippbetrieb nimmt das Volumen um ca 1 mio cbm zu.** Retention beginnt zwar erst 24.5.1978 12:04, vorher ist jedoch Reglerbegrenzung (freier Durchfluss) erreicht

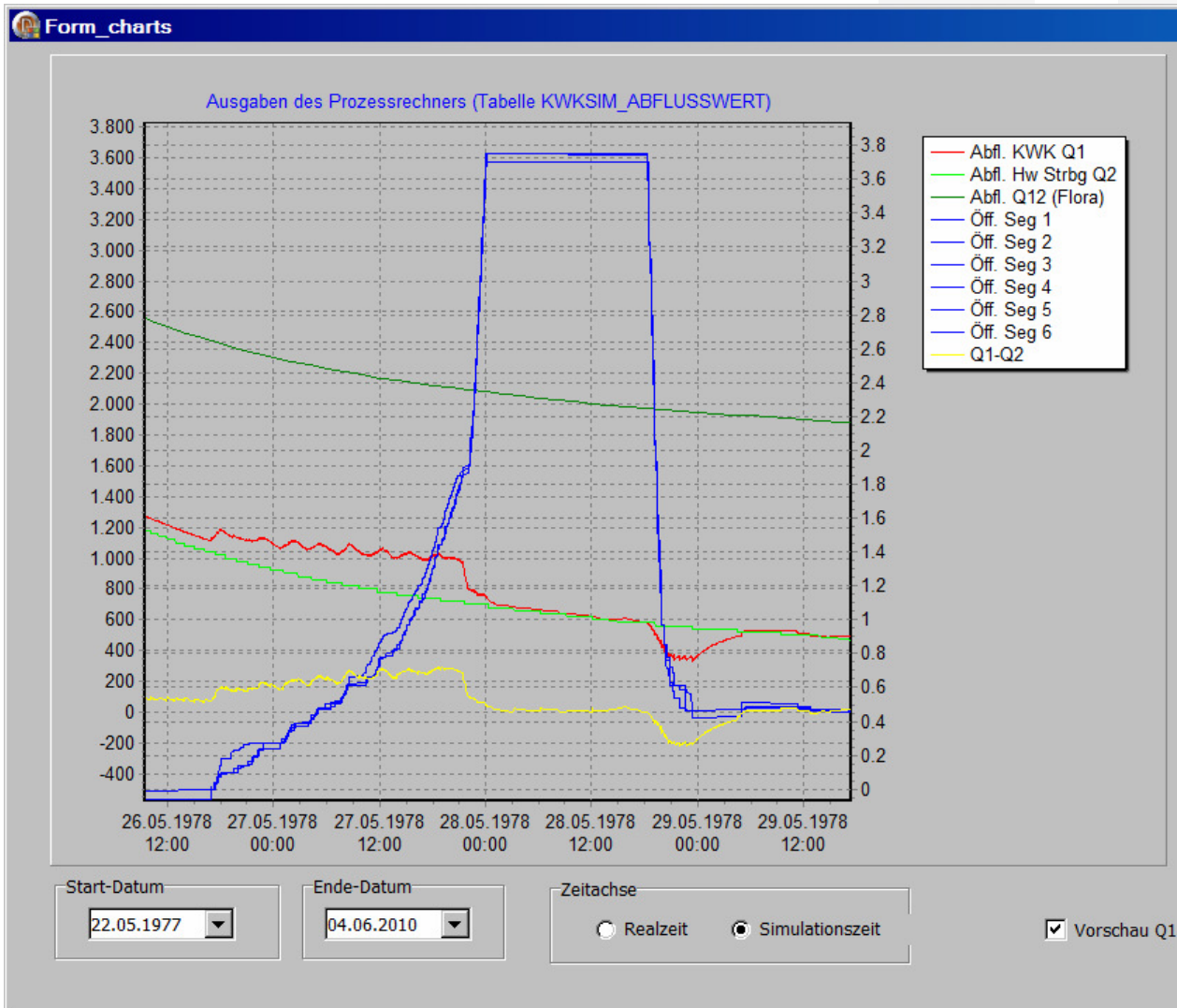
**Die Abflussminderung ist noch zu langsam (soll: (190 cbm/s)/h) Ist: ca (95 cbm/s)/h)**

## Retentionsphase



**Ende Retention: 26.5.1978 10:04, aber sehr lange vorher sind Segmente geschlossen**

Entleeren (26.05.1978 10:04)



Die Entleerung setzt verzögert ein und die Kurve Q1 verläuft nicht horizontal.

Grund ist das sowohl der neue Regelalgorithmus als auch der vorhandene eine Volumenregelung machen. D.h.

$$\text{Soll-Volumen (t)} := \text{Soll\_volumen (t-1)} + x$$

wobei x :

Aktuelles Q1 - Q1 zum Startzeitpunkt ( begrenzt auf maximal -400)

Der Regler versucht dieses Volumen zu erreichen, durch das sinkende Q2 nimmt das Volumen aber ohnehin ab.

Mit der für Stufe 2 geplanten Delta-Q Regelung ist dieses Problem erledigt.

## 12 Geplante Aktionen ( Stand 4.3.2010)

### Stufe 1:

#### Simulation:

- Anzeige D19 in Maske „Gesamtübersicht“  
bisher wird hier Q1, Q2, Q12, Q1 – Q2 und die Segmentöffnungen angezeigt.  
Evtl Auswahl „D19 anzeigen“ oder „Segmente anzeigen“  
Oder D19 immer mit anzeigen
- Funktion „Reglertest“ einbauen

#### Prozessrechner:

- Kriterium für Vorschlag „entleeren“ wird erweitert um  
„Abfluss Maxau unterschreitet 4000 CBM“ ( $Q\text{-Maxau}(t) < 4000$  und  $Q\text{-Maxau}(t-1) \geq 4000$ )  
Interne Anmerkung:  

Änderung dhs.init:  
 Alle Stellen ... (  $Q\text{Max} >< 4200 \parallel Q\text{Max} < 3600$  )  
 Ersetzen → ... (  $Q\text{Max} >< 4200 \parallel Q\text{Max} >< 4000 \parallel Q\text{Max} < 3600$  );
- Einbau des aktuellen Stands in Kehl

### Stufe 2:

#### Prozessrechner

- Umstellung der Volumenermittlung auf D13 und D19
- Volumenzunahme im Kippbetrieb verhindern (evtl. muss hier auch das Simulationsprogramm angepasst werden)
- DQ-Regelung für die Betriebsarten „Retention“ und „Entleeren“  
(evtl. auch Vorentleerung, wobei hier keine Verbesserung des aktuellen Verhaltens notwendig ist).  
Anm.: Momentan wird bei „Retention“ und „Entleeren“ eine Volumenregelung gemacht.
- Überwachungsmaske „Schützsteuerprozess-parameter“ aktualisieren:  
Hier handelt es sich um eine reine „Anzeige“-Maske. Parameter die der neue Regelalgorithmus nicht verwendet entfallen, dafür werden neue Parameter aufgenommen
- Betriebsart Retention 146/380:  
Begrenzung D13  $\leq 146.60$  einbauen ( bisher weder im alten Regelalgorithmus noch in Stufe 1 enthalten)

Danach entsprechende Simulationsläufe

### 13 Simulationsläufe September bis November 2010

Der Regelalgorithmus V2.x wurde wie folgt verbessert:

- Bessere Einhaltung der Gradienten für Vorentleerung (100 (cbm/s) / h) und Retention (-190 (cbm/s) / h)
- Neuer Algorithmus für die Betriebsart QKK-halten.  
Grund: Beim bisherigen Algorithmus setzte die Entleerung verzögert ein, die Kurve Q1 verlief nicht horizontal und  $Q_{\text{entleeren\_max}}$  (400 (cbm/s) / h) wurde nicht erreicht. (siehe z.B: Kap 11.1 HW 1978)
- Übergang Retention => Regelung nach H-Soll 145 bzw. H-Soll 146  
Bisher:  
Hier erfolgte bisher bei 144.9 bzw. 145.9 eine Umschaltung von Retention auf H-Soll-Regelung. Zu diesem Zeitpunkt ist  $DQ = -380$ . Wenn die Randbedingung ( $DQ$ -Abnahme maximal 190 siehe „**graue Mappe A 6.2.1**“) eingehalten wird, kommt es zwangsläufig zum Überschreiten des Stauziels.

Zur Lösung des Problems gibt es 2 Ansätze:

- 1) Wenn D19 zwischen 144.5 und 144.9:  $DQ_{\text{soll}} := 380 * (145.0 - D19) / (0.5)$   
Und Umschaltung auf H-Soll – Regelung (wie bisher) bei 144.9

Für diese Variante wurden bereits Simulationsläufe durchgeführt.

- 2) Und Umschaltung auf H-Soll – Regelung bei 144.5 (mit Ziel: 145.0)

Für diese Variante wurden noch keine Simulationsläufe durchgeführt.

**Hier könnte es bei weiter steigendem Q2 zu Problemen kommen, die eine spezifische Erweiterung des Algorithmus nötig machen würden.**

- Bisher erfolgte die Regelung in den Betriebsarten „Kippbetrieb“, „Vorentleerung“ und „Retention“ prinzipiell wie folgt:

Es wird zyklisch das Soll-Volumen berechnet ( $= V + DQ_{\text{Soll}} * \text{Zeit}$ ).  
Der Regler erhält als Regeldifferenz den Wert  $\Delta V$  ( $V_{\text{soll}} - V_{\text{ist}}$ ).

Neu:

Für die Betriebsarten „Vorentleerung“ und „Retention“ wurde zusätzlich (in Konfiguration einstellbar d.h. bisheriges Verhalten kann weiterhin verwendet werden ) folgende Vorgehensweise eingebaut:

Es wird zyklisch das „virtuelle Q2“ und der „virtuelle Q2-Gradient“ aus dem Volumen und Q1 berechnet.  
Der Regler erhält als Regeldifferenz den Wert  $\Delta Q$  ( $Q2 - Q1$ ).

Hinweis:

Für die Betriebsart „Kippbetrieb“ ist diese Vorgehensweise nicht sinnvoll (wie auch kurze Testläufe gezeigt haben) und wurde deshalb nicht implementiert.

Die im Folgenden beschriebenen Simulationsläufe dienten zum Test der oben beschriebenen Änderungen.

### 13.1 Simulationslauf HW 1978 (27.10-3.11) mit Regelalgorithmus V3

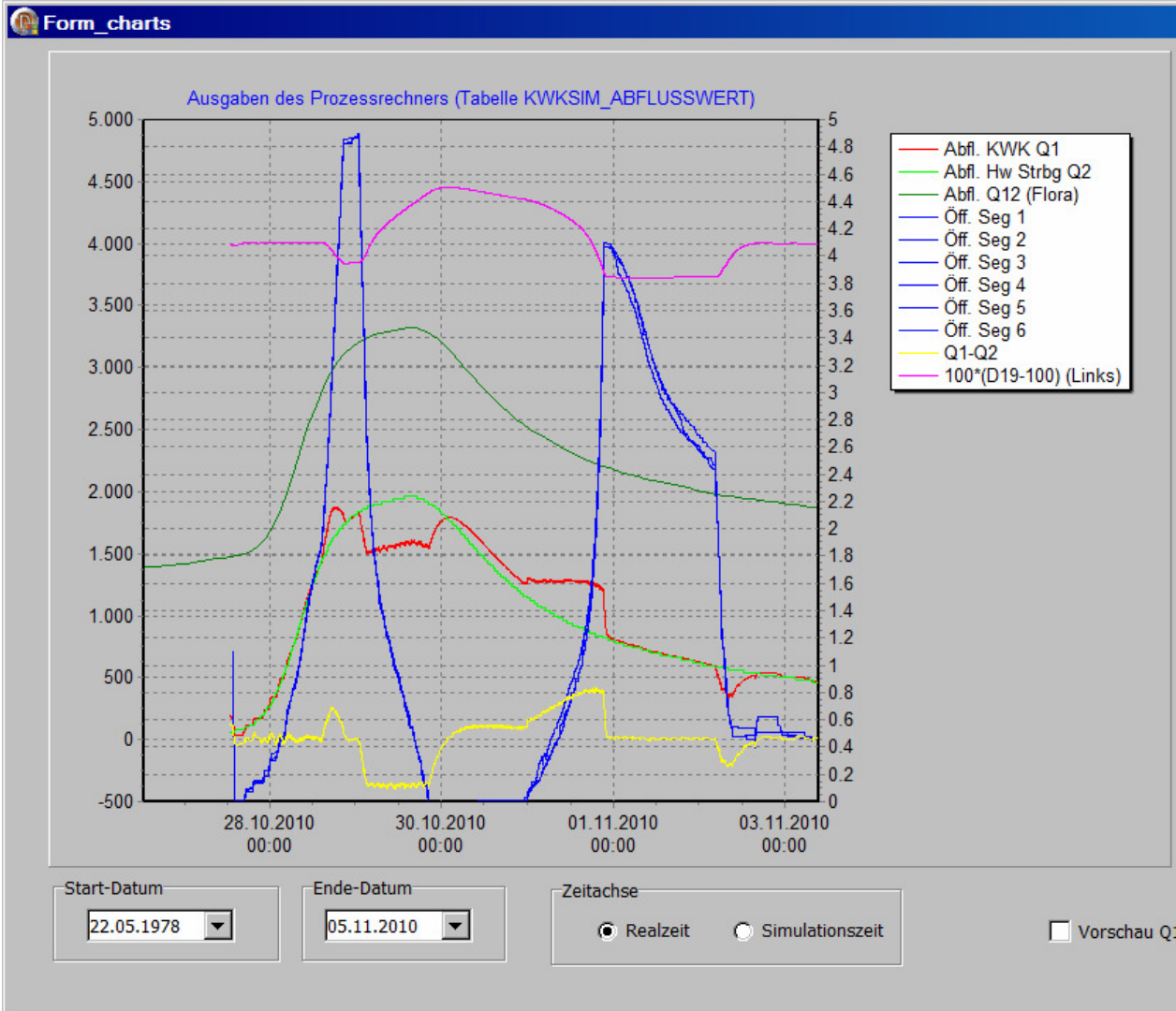
Startzeitpkt Sim 23.5.1978 0:00 Uhr / 6,54 Mio CBM

Ziele:

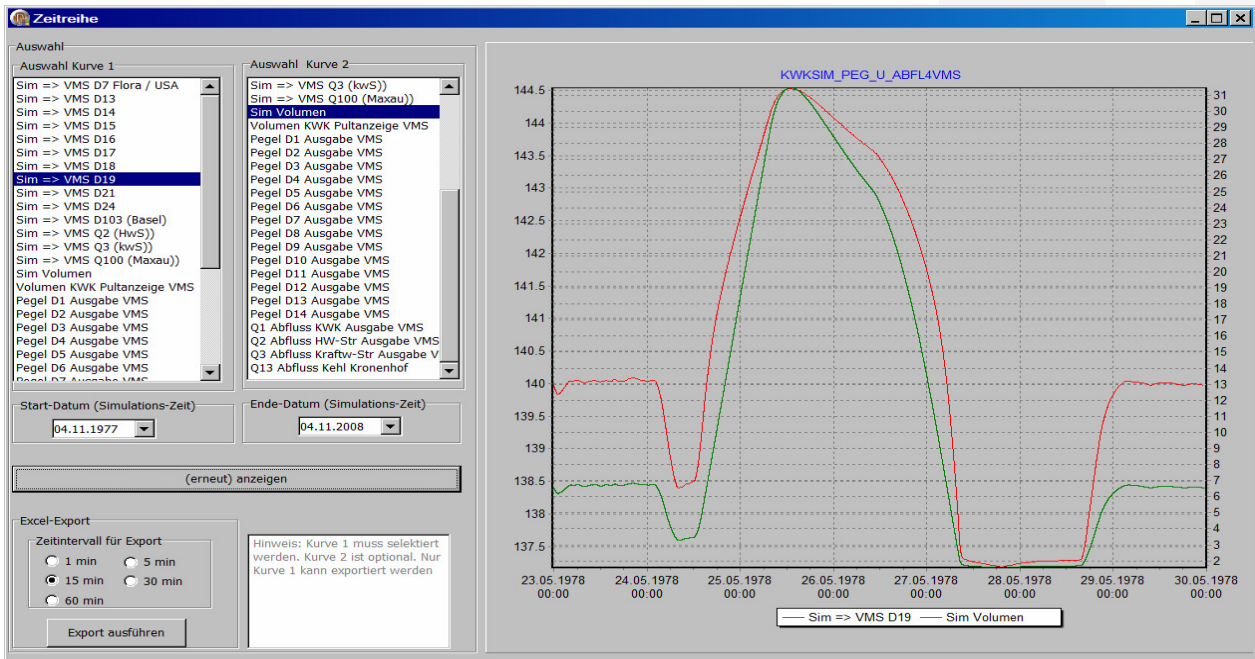
- Test Gesamtablauf, aufgrund diverser Änderungen
- Test BA „Entleeren“

Betriebsart	Realzeit	Simulationszeit (ca.)
Normalstau	27.10.2010 13:00	23.5.1978 00:00
Kippbetrieb	28.10.2010 05:25	23.5.1978 16:25
Vorentleerung	28.10.2010 15:00	24.5.1978 02:00
Retention 145/380	29.10.2010 01:00	24.5.1978 12:00
Entleeren	30.10.2010 23:00	26.5.1978 10:00
Kippbetrieb (Aufgrund Bedienerwunsch)	31.10.2010 22:36	27.5.1978 09:36
Normalstau	02.11.2010 04:43	28.5.1978 15:43
-- Ende Simulation --	03.11.2010 12:00	

### 13.1.1 Gesamtverlauf

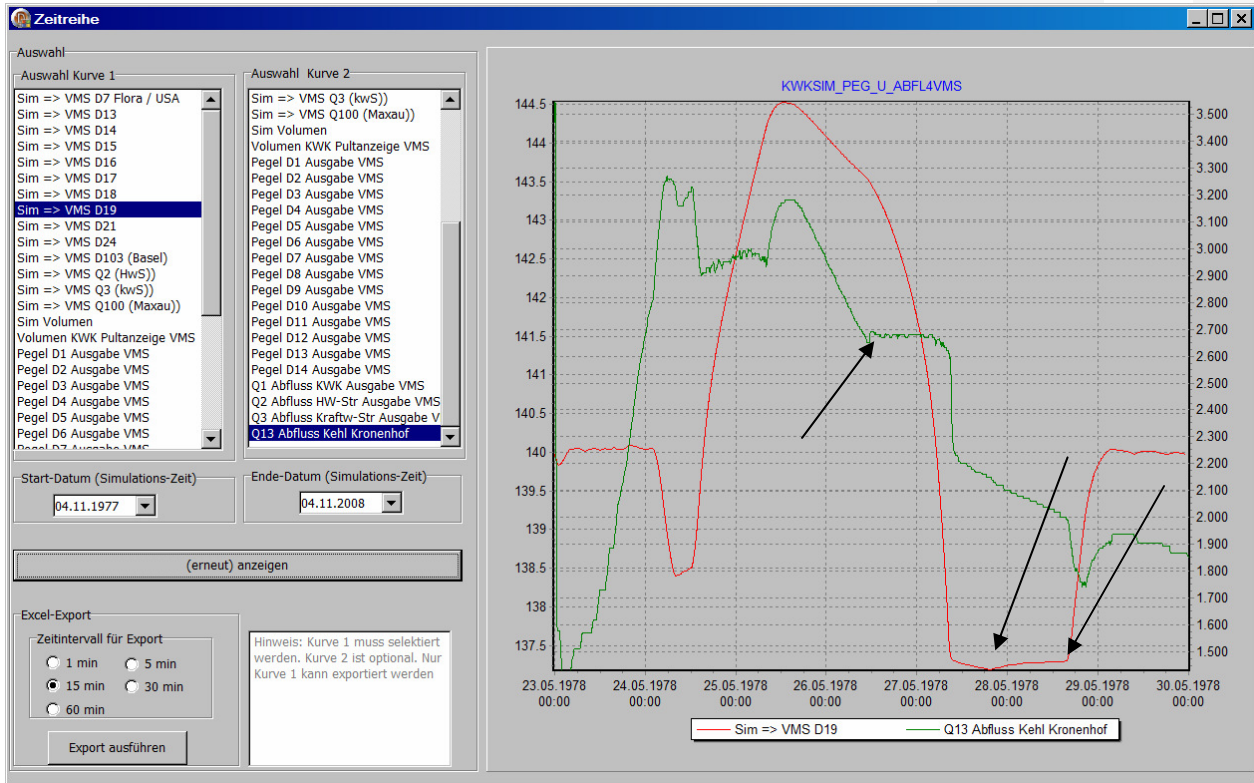


### 13.1.2 Pegel D19 und Volumen



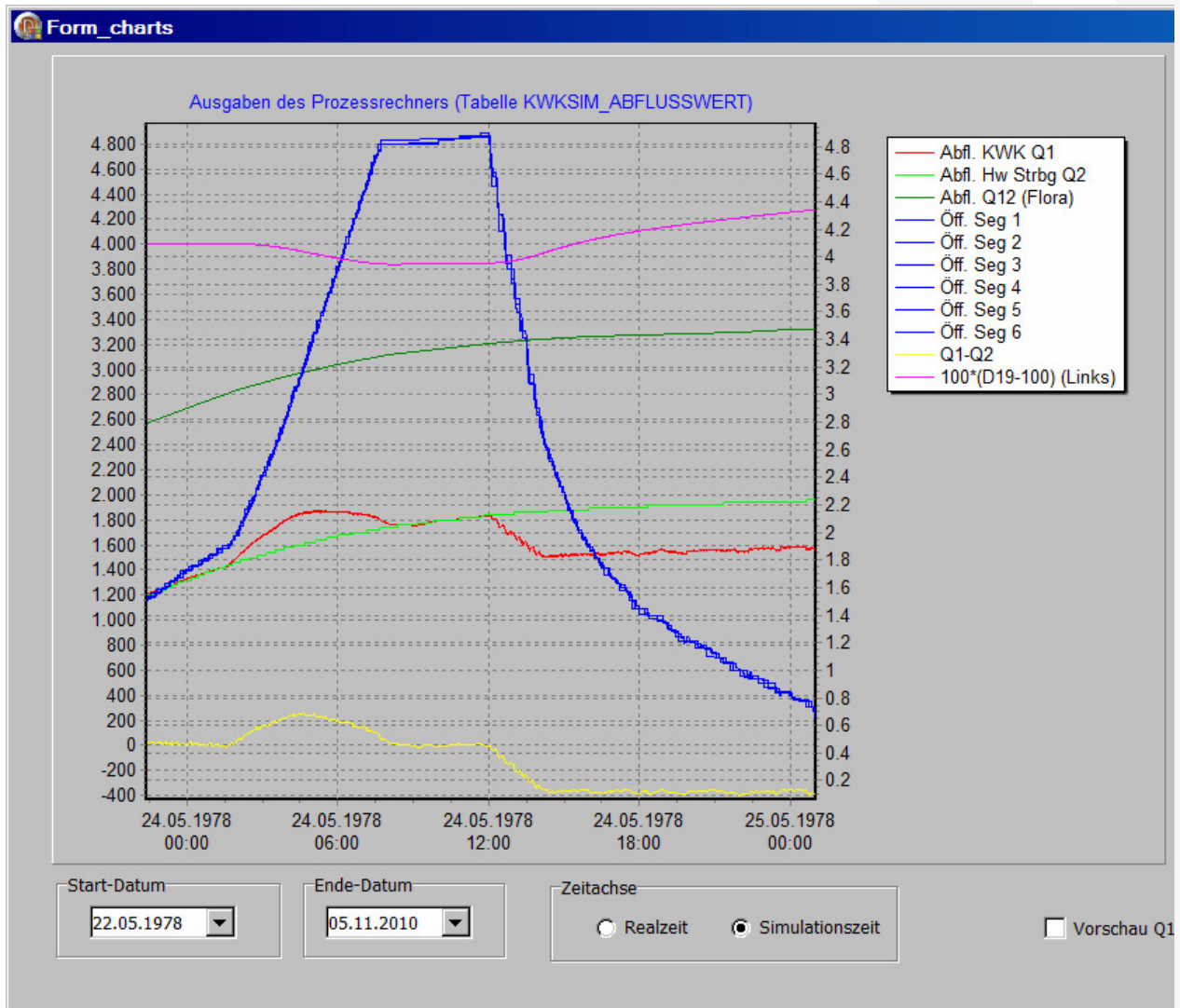
Volumenzunahme im Kippbetrieb (Phase vor der Vorentleerung ca. 24.5.1978 0:00) wird weitestgehend verhindert

### 13.1.3 D19 und Abfluss Kehl Kronenhof



In der Betriebsart „Entleeren“ kann der Abfluss „Kehl Kronenhof“ konstant gehalten werden. Danach Umschaltung auf Kippbetrieb (Bedienerwunsch, kein automatisches Umschalten). Danach automatische Umschaltung auf „Normalstau“ ( $Q-KK < 2000$ ).

### 13.1.4 Detailbetrachtung Normalstau / Kippbetrieb / Vorentleerung / Retention



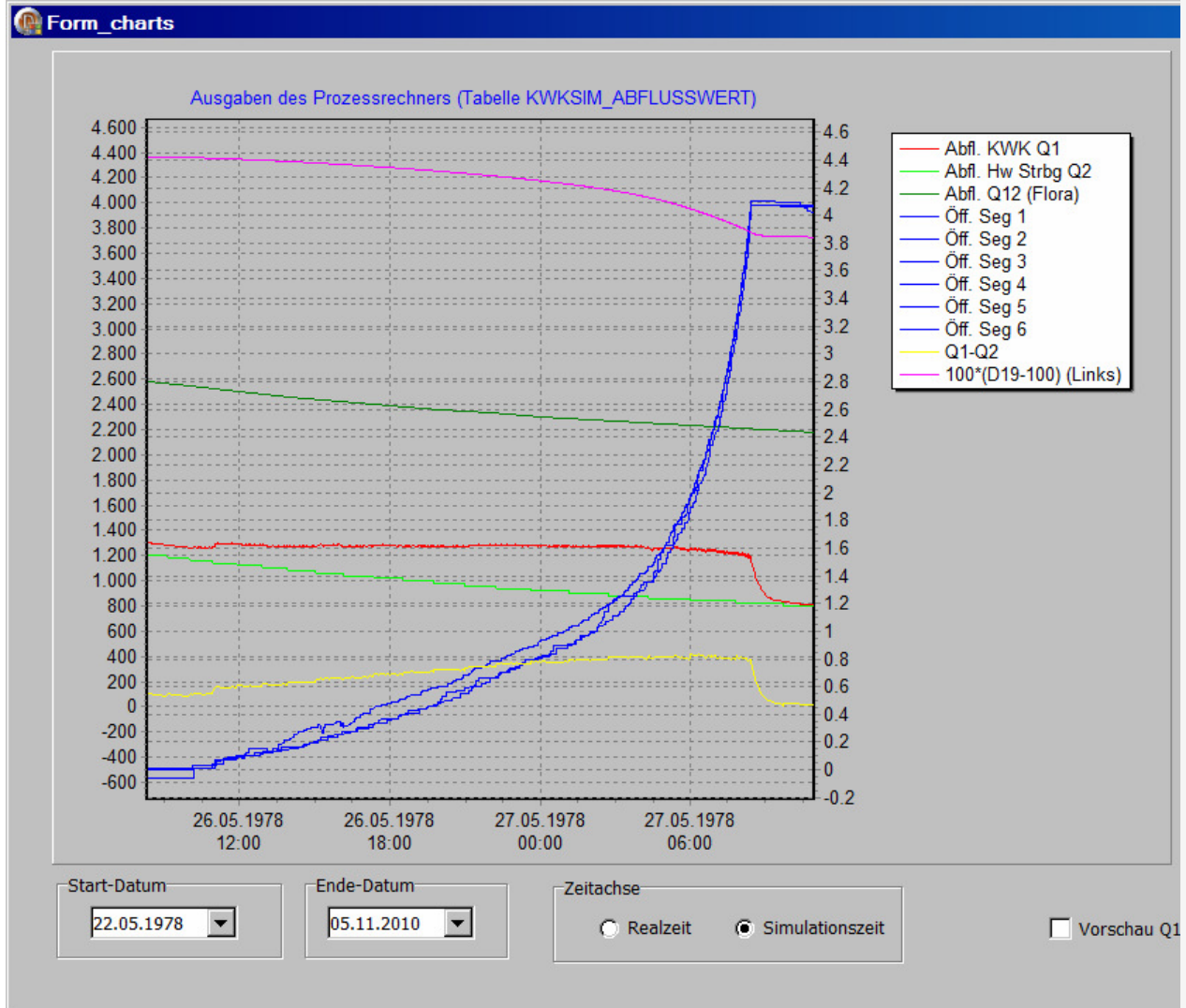
Vorentleerung:

Verhalten wurde nach diesem Simulationslauf noch verbessert. Siehe nachfolgende Simulationsläufe

Retention:

Geforderter Gradient (-190 (cbm / sec) / h) wird erreicht.

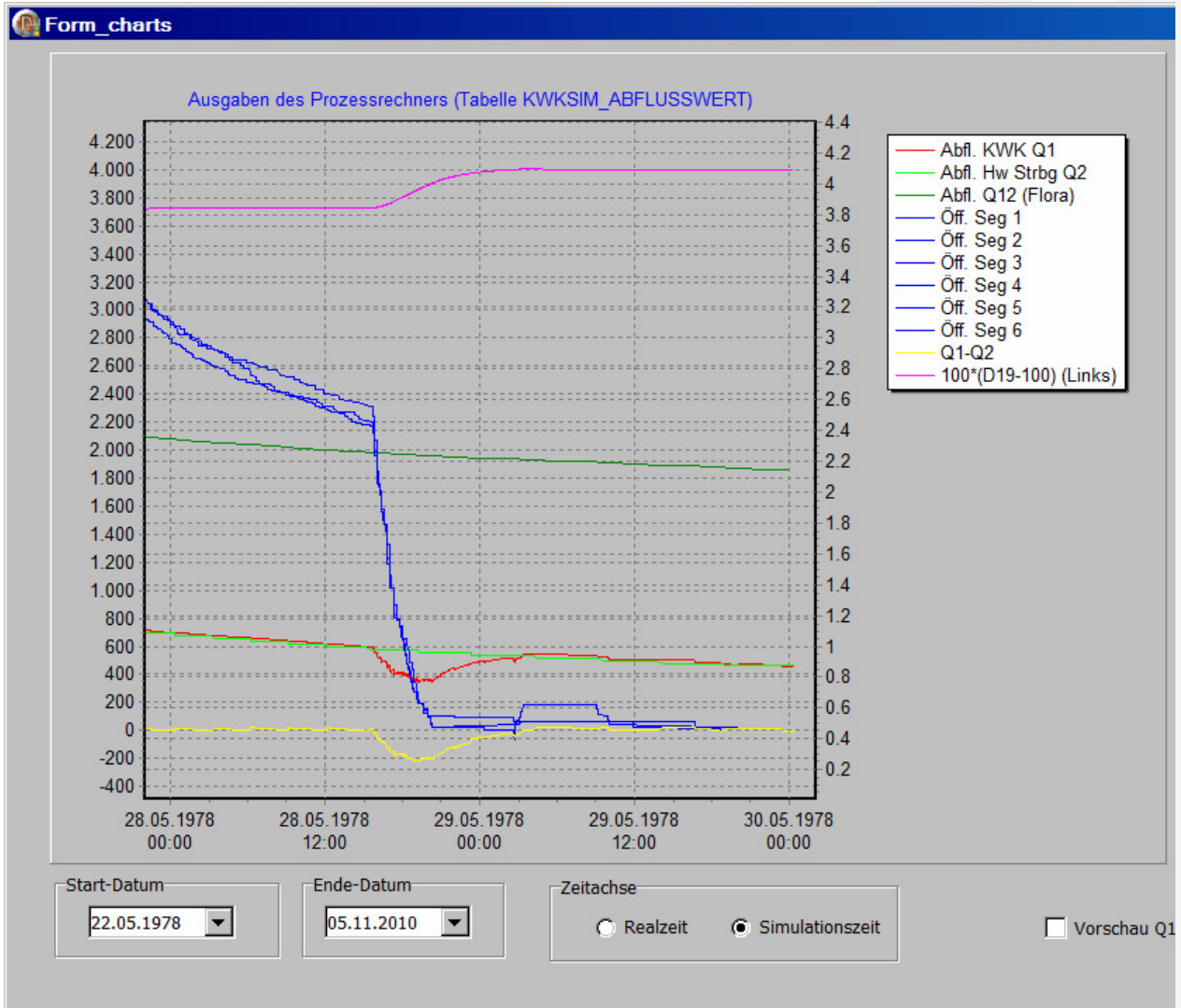
### 13.1.5 Entleeren



Q1 – Q2 steigt bis zum erlaubten Maximum von 400 CBM.

Abfluss Kehl Kronenhof bleibt konstant (bis freier Durchfluss erreicht)

### 13.1.6 Kippbetrieb und Normalstau nach dem Entleeren

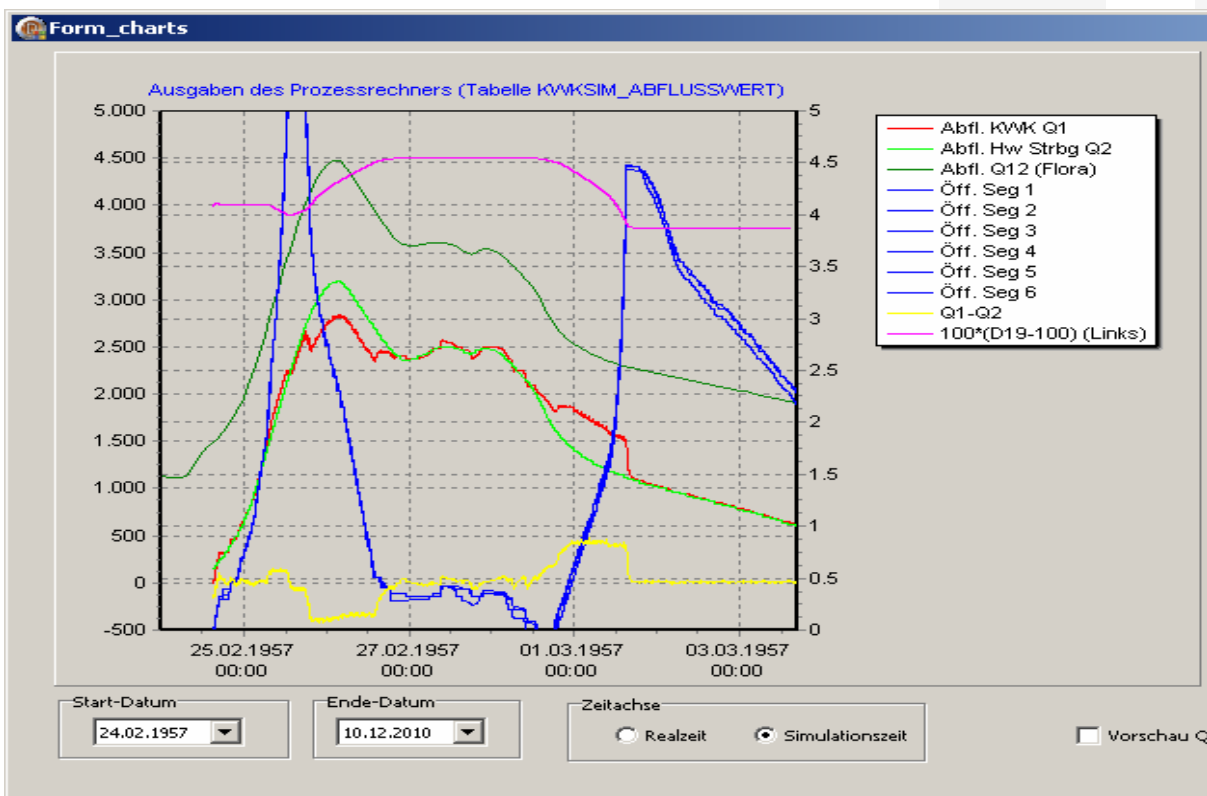


m.E. korrektes Verhalten

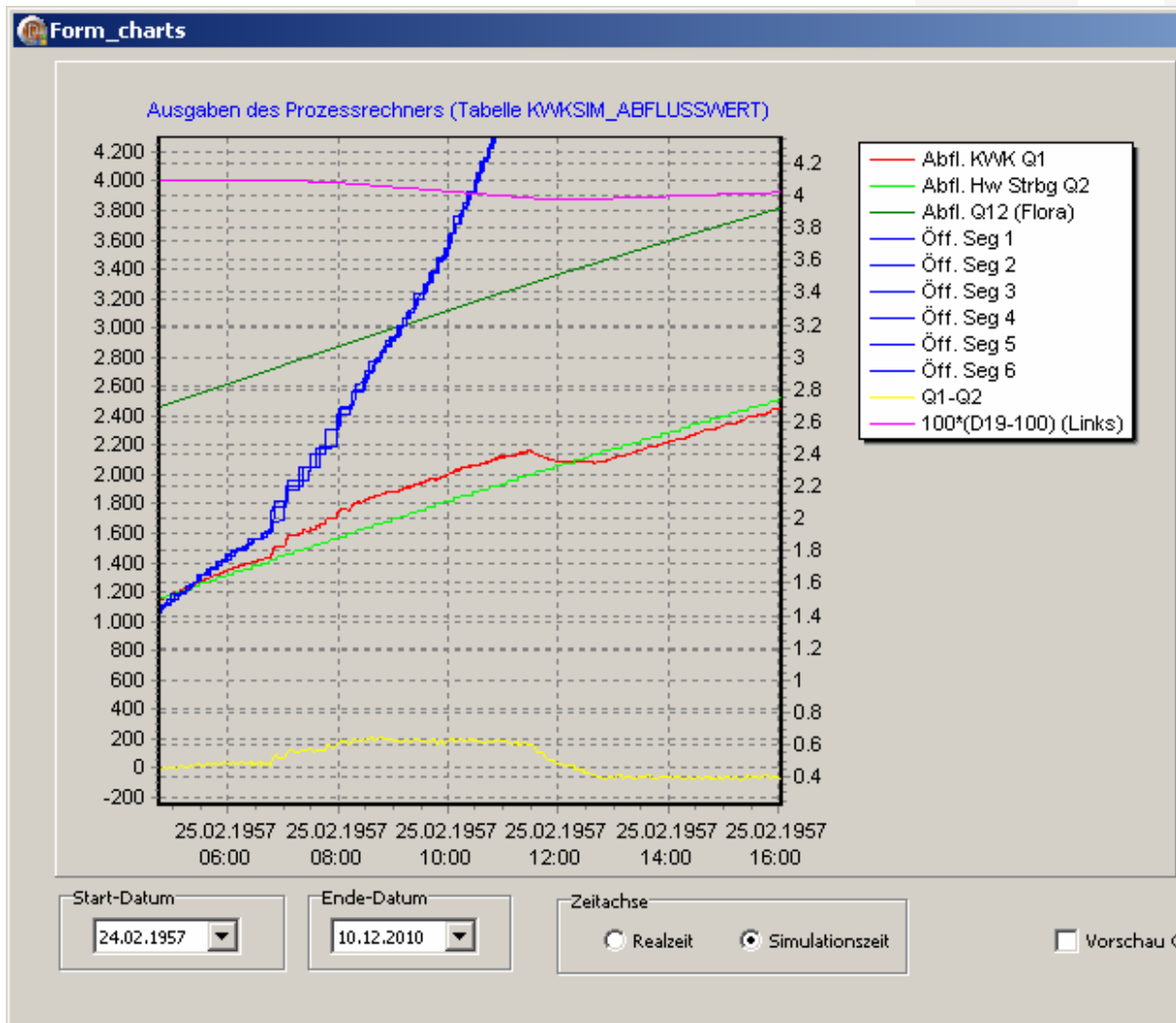
## 13.2 Simulationlauf HW 1957 (12.-19.11.2010) mit Regelalgorithmus V3

Realzeit: 12.11 bis 19.11.2010

### 13.2.1 Gesamtverlauf

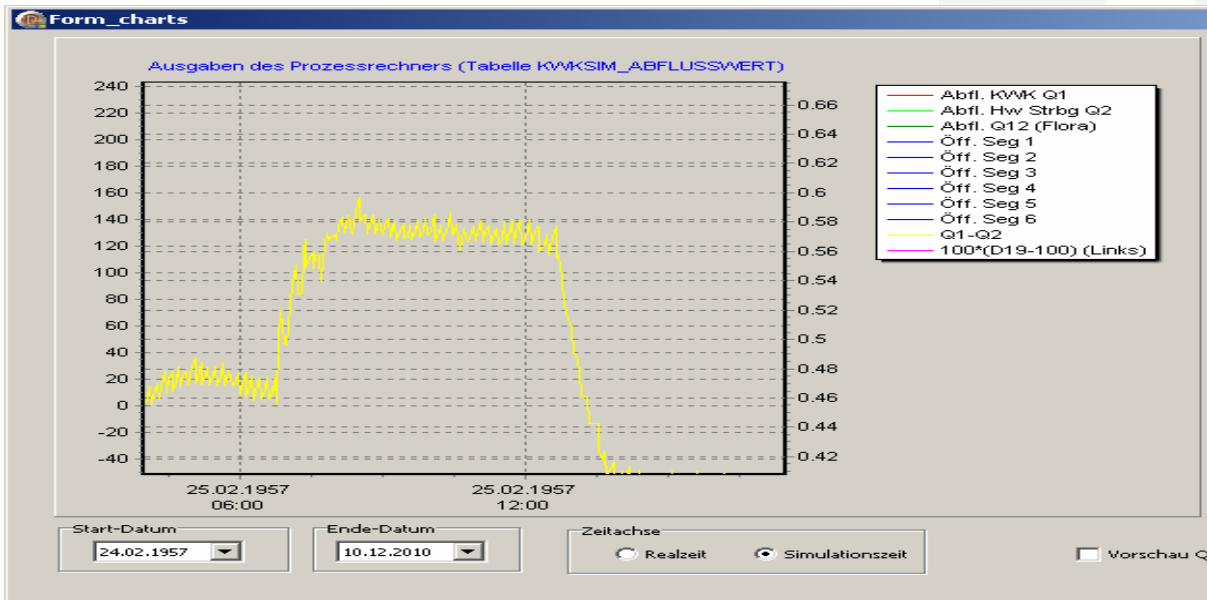


### 13.2.2 Vorentleerung

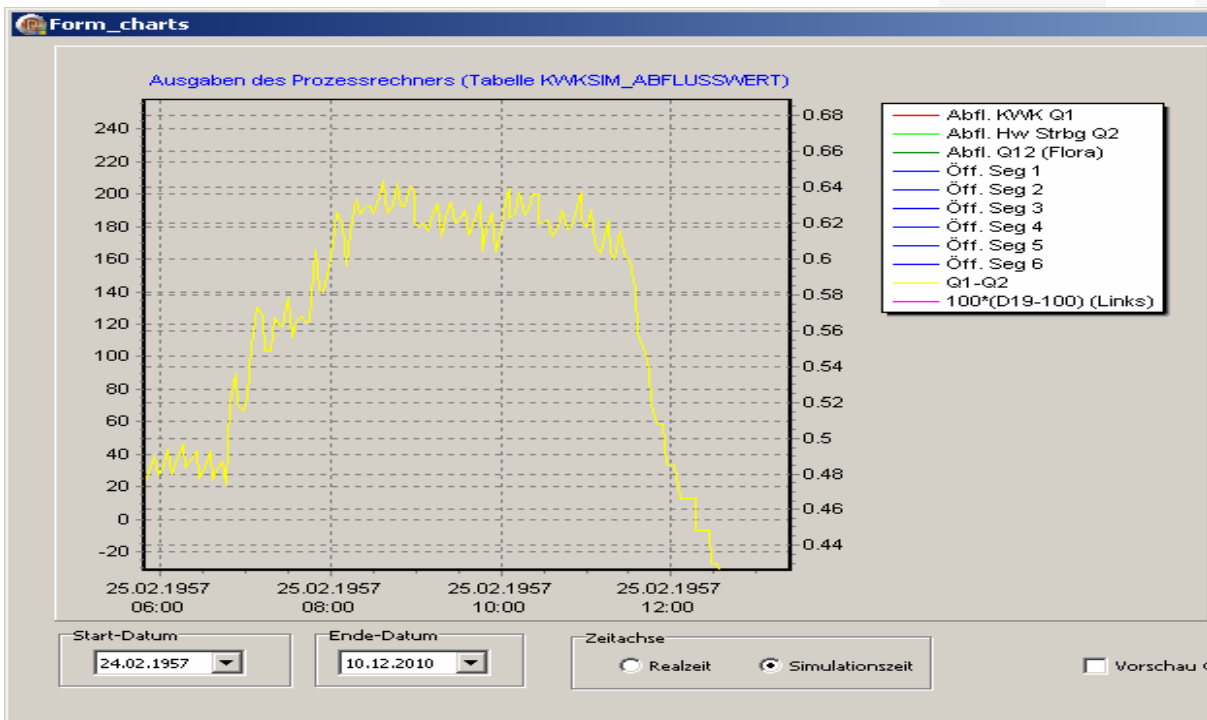


Hinweis:

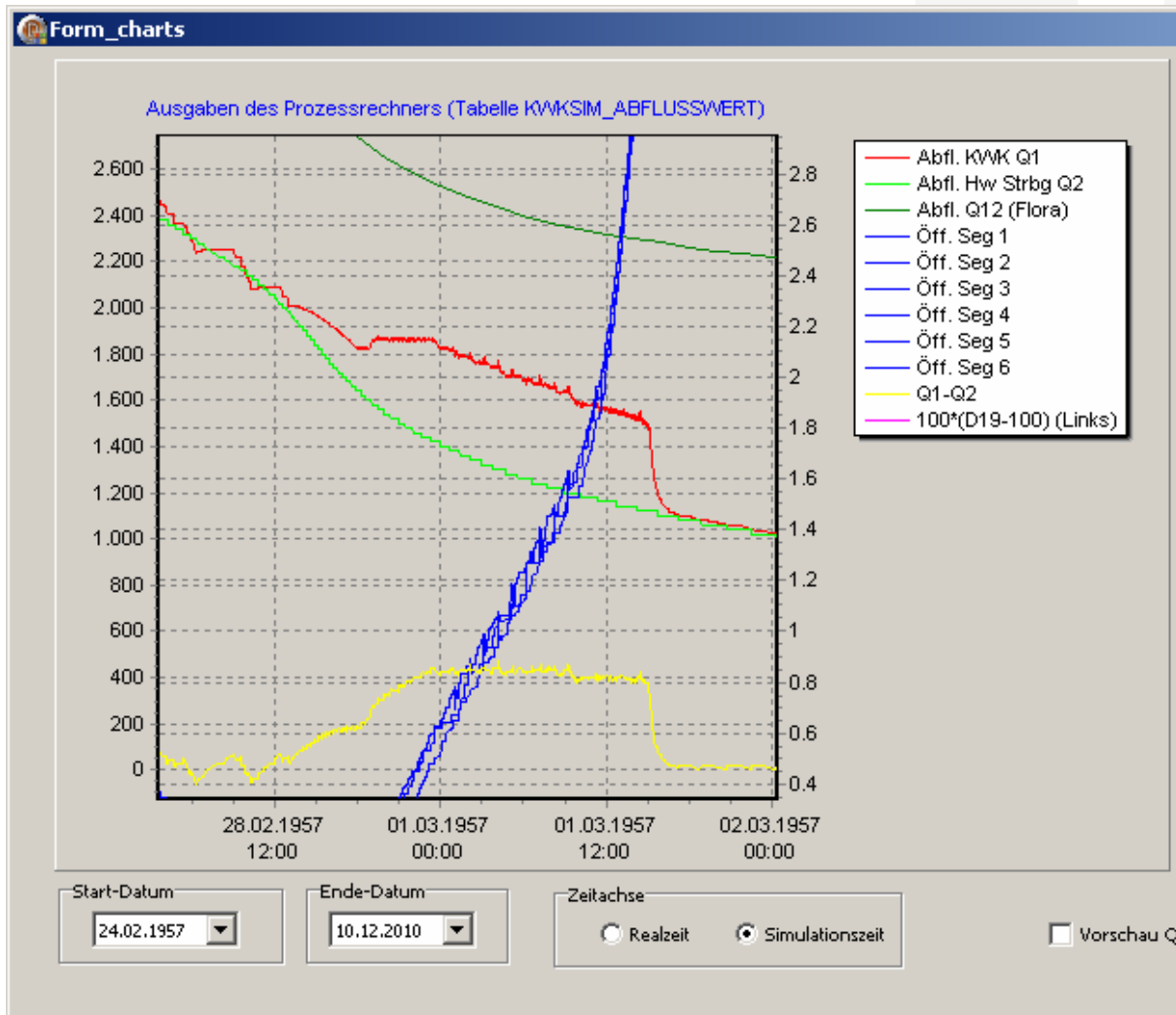
Bei diesem Simulationslauf wurde im Regelalgorithmus der Q2-Gradient noch nicht berücksichtigt.  
Ergebnis Ohne Berücksichtigung des Q2-Gradienten:



Im folgenden Bild das Ergebnis nach Berücksichtigung des Q2-Gradienten:



### 13.2.3 Entleeren



Q1 wird konstant gehalten, bis  $\Delta Q = 400$

### 13.3 Simulationslauf HW 1882 mit Regelalgorithmus V3

Hinweis:

Aufgrund von Problemen mit Delphi für Datumsangaben < 1.1.1900 wurde bei allen Hochwasserdaten der Zeitstempel um 100 Jahre erhöht.

Startzeitpunkt Simulationszeit: 26.12.1982 6:00 Uhr / Volumen: 6,54 Mio CBM

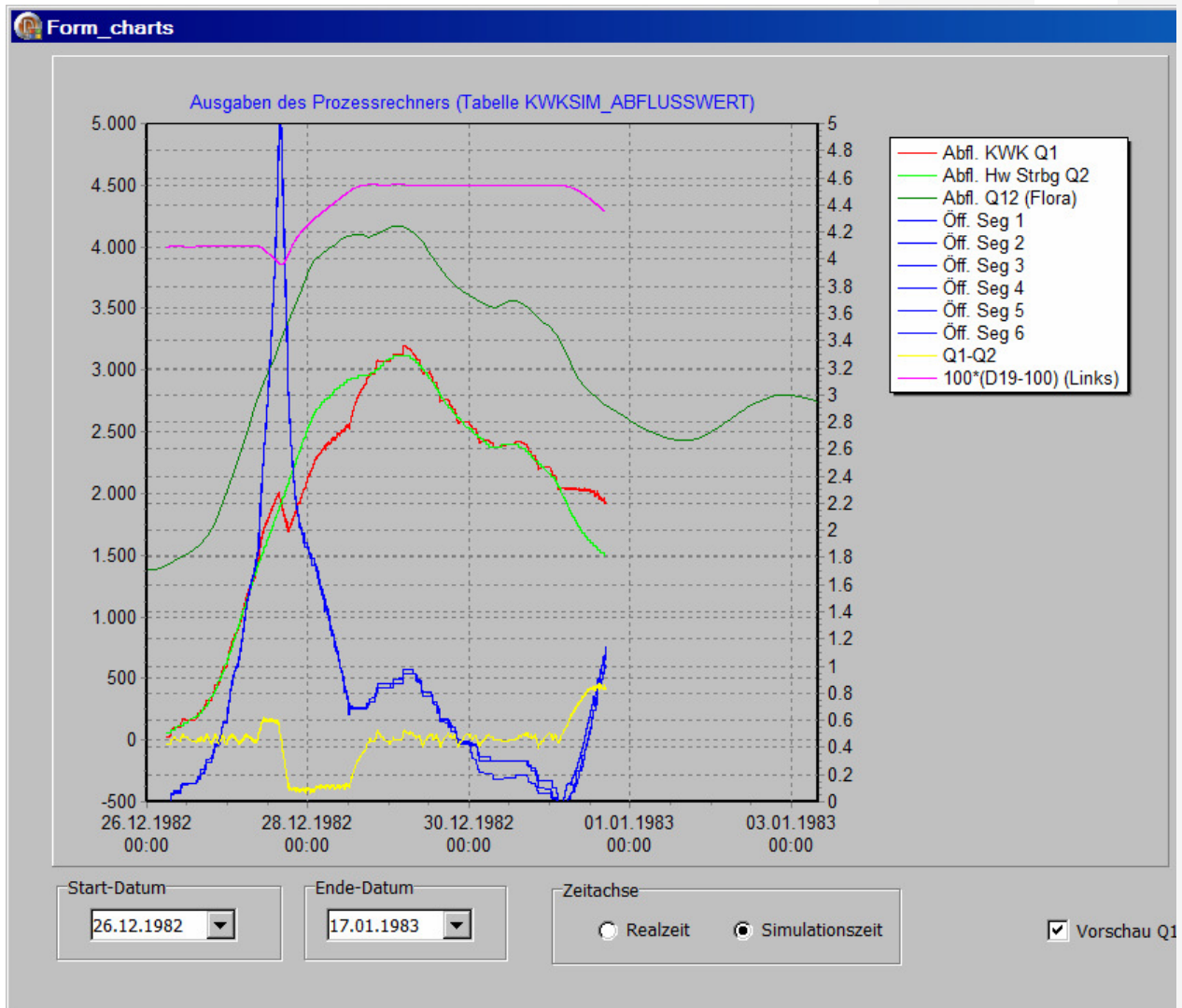
Ziele:

- Test Gesamtablauf, aufgrund diverser Änderungen
- Test: Vorentleerung und Retention über „echte DQ-Regelung“
- Test BA „Ende Retention“ : H-Soll-Regelung 145

**Neue Version: Absenkung DQ von 380 auf 0 wenn D19 zwischen 144.5 und 144.9**

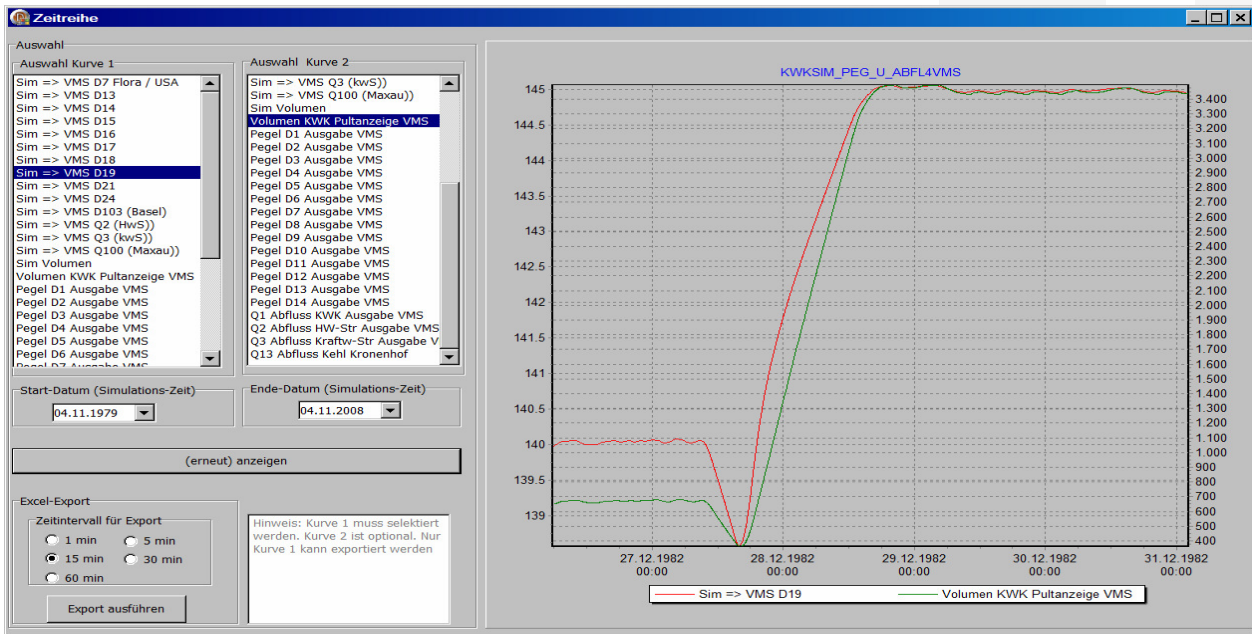
Betriebsart	Realzeit	Simulationszeit (ca.)
Normalstau	09.11.2010 21:23	26.12.1982 06:00
Kippbetrieb	10.11.2010 15:41	27.12.1982 00:18
Vorentleerung	11.11.2010 00:24	27.12.1982 09:01
Retention 145/380	11.11.2010 07:20	27.12.1982 15:57
Ende Retention 145/380	12.11.2010 06:24	28.12.1982 15:19
Entleeren	14.11.2010 19:20	31.12.1982 03:57
Kippbetrieb (Aufgrund Bedienerwunsch)		
-- Ende Simulation --		

### 13.3.1 Gesamtverlauf

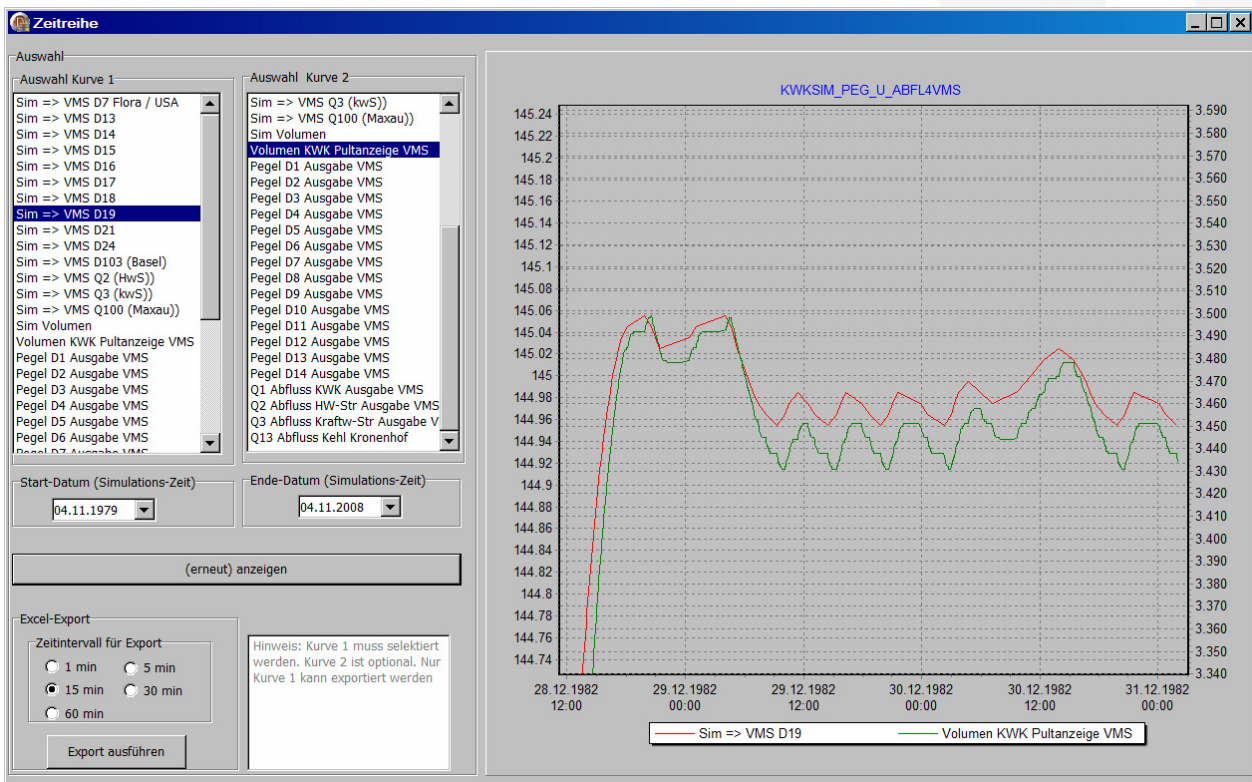


- Zeit für Vorentleerung sehr knapp
- Übergang „Retention 145“ => „Ende Retention“ verbessert
- Retention endet genau dann wenn Zufluss seinen Maximalwert erreicht !

## 13.3.2 Pegel D19 und Volumen Überblick

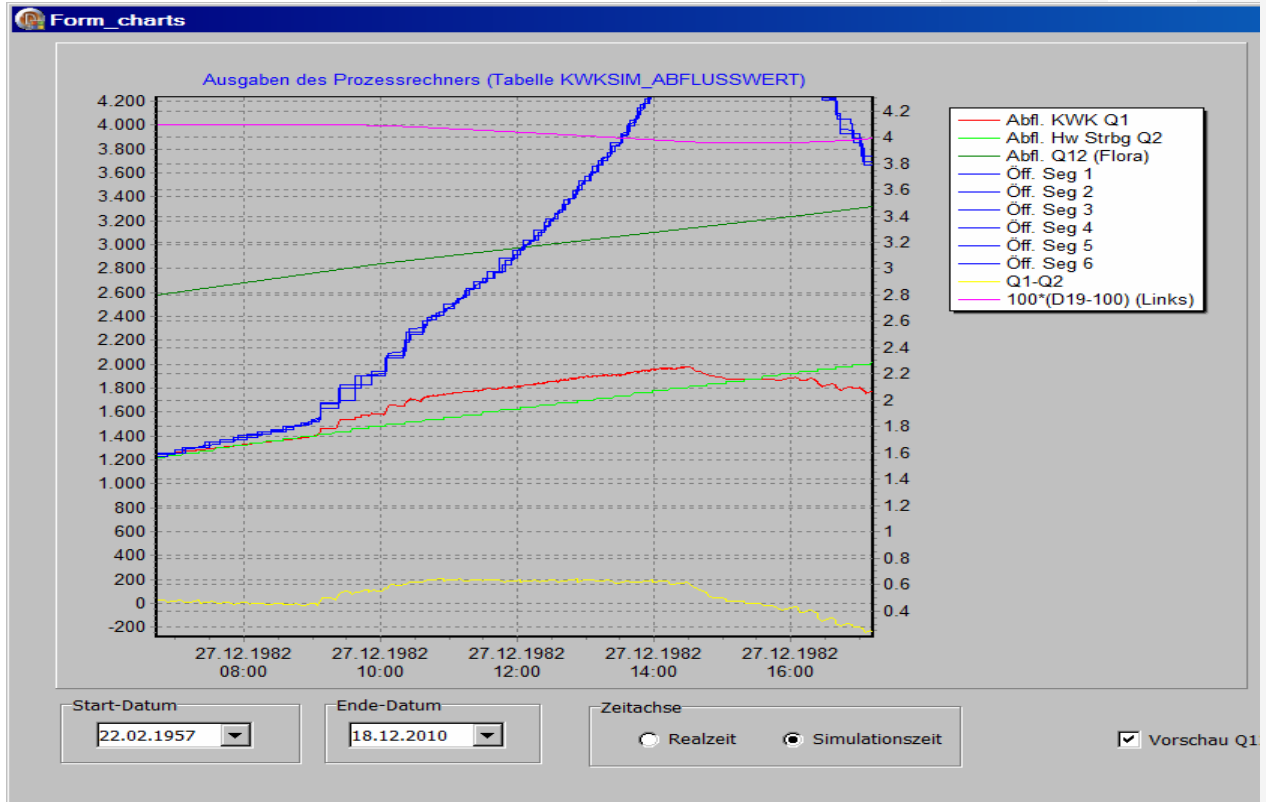


### Detail: H-Soll Regelung D19 = 145

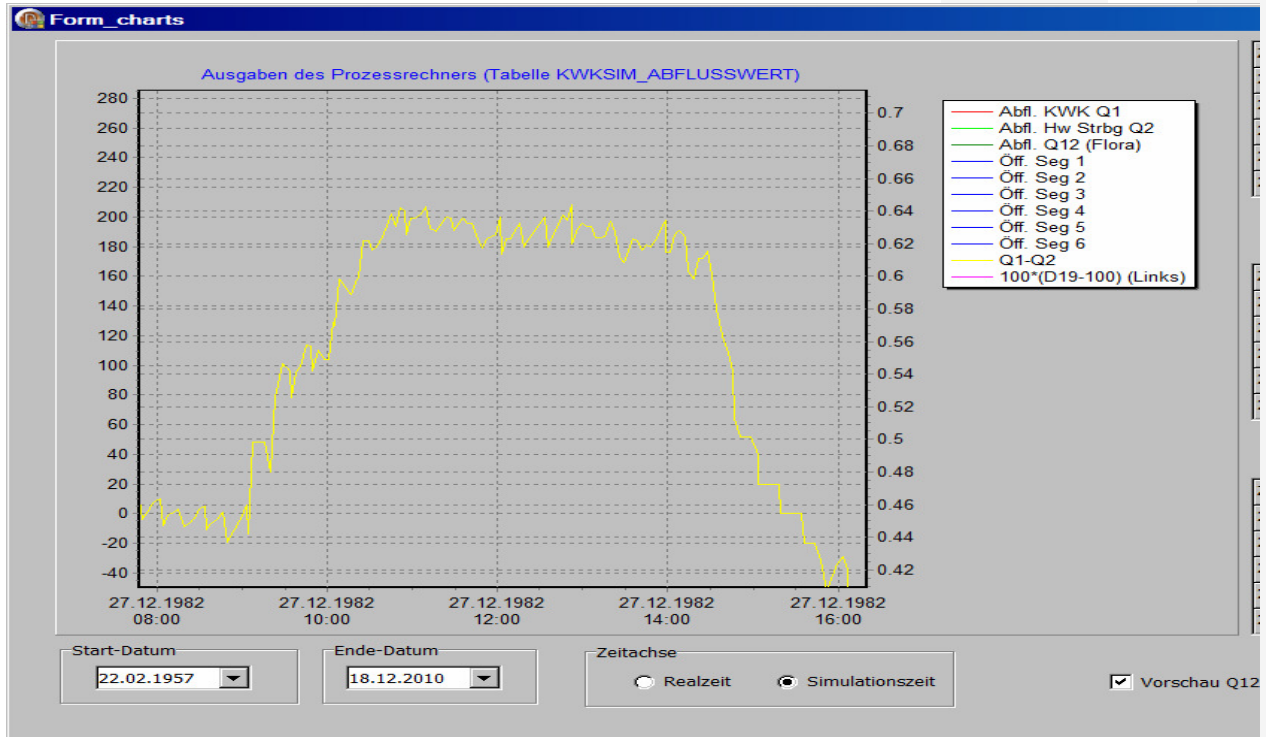


Aufgrund der vorangegangenen DQ-Absenkung steigt D19 nie wesentlich über 145.0

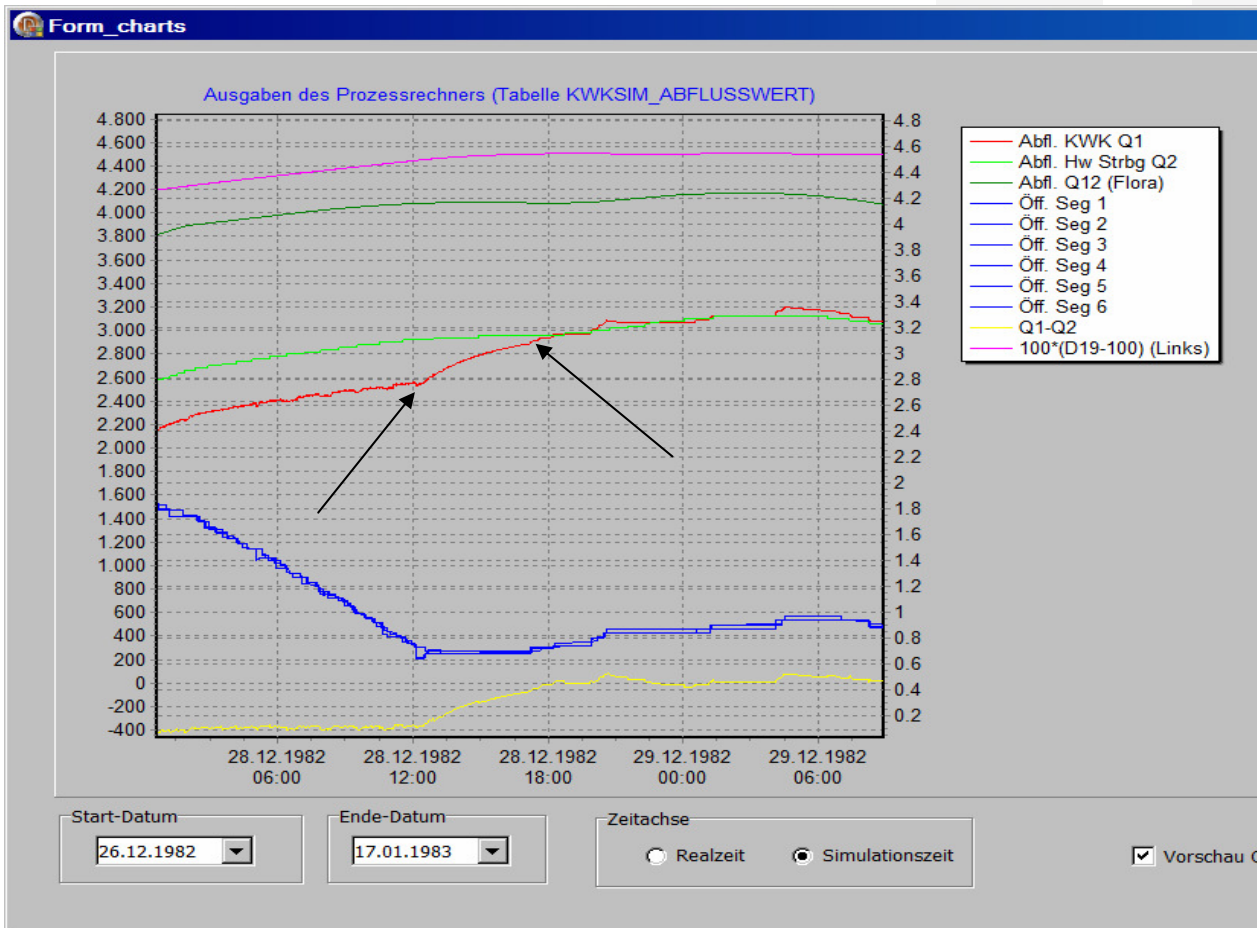
### 13.3.3 Detailbetrachtung Vorentleerung



Abflusskurve Vorentleerung mit "echter DQ-Regelung"

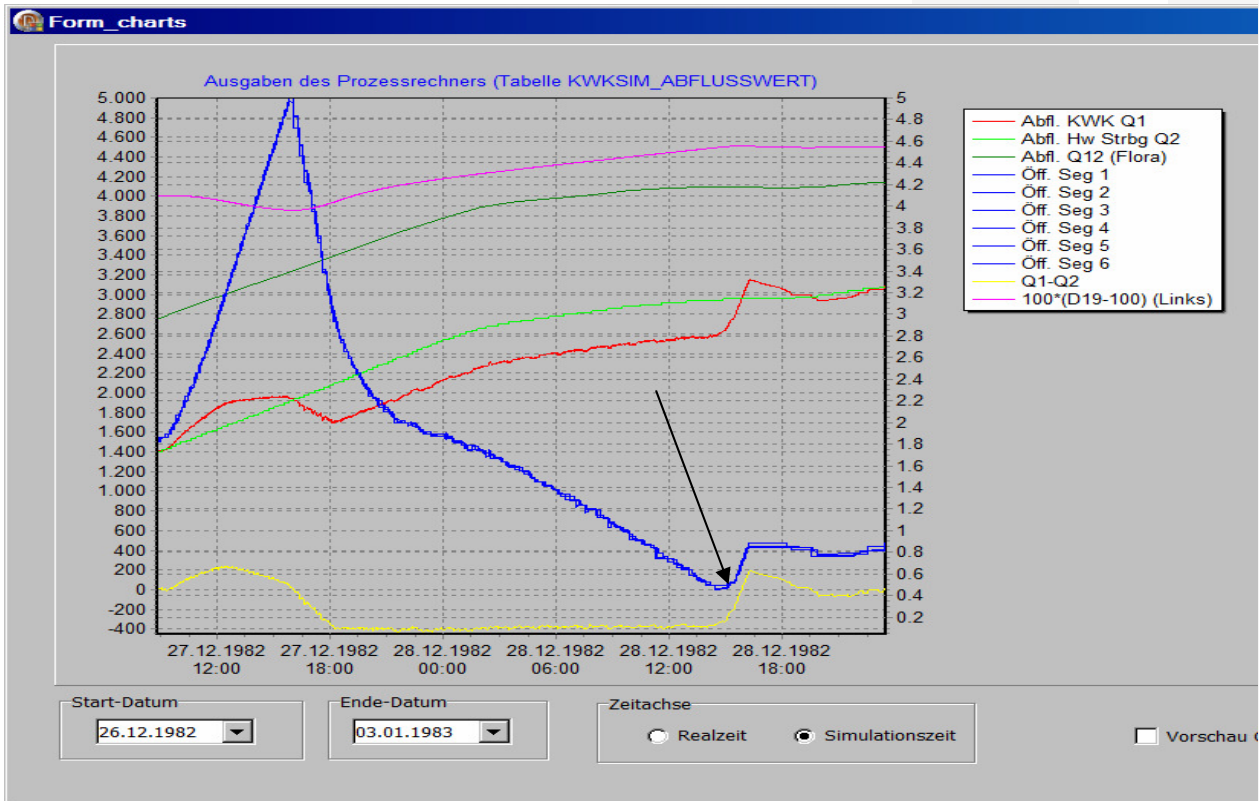


### 13.3.4 Übergang „Retention“ => „Ende Retention“



Da zum Zeitpunkt an dem  $D19 = 144.9$  ist gilt: „ $Q1 = Q2$ “  
 benötigt die nachfolgende H-Soll-Regelung keine Phasen in denen  $Q1 \gg Q2$ .

Zum Vergleich: Situation **ohne** DQ-Reduzierung im Bereich 144.5 – 144.9



(Pfeil: Umschaltung von Retention auf H-Soll)

### 13.3.5 Entleeren

Da absehbar, daß weiterer Verlauf wie bei den vorangegangenen Simulationsläufen, wurde Simulationslauf beendet

## 14 Anhang

### 14.1 Anpassungen an das aktuelle Reglement

bisherige Betriebsarten (nur Retention und Entleerung):

Retention: Neuer Text: „Retention 145/380“

Regeln nach DQsoll 170 → 380

Übergang zu „Ende Retention“ wenn:

Aktuell D19 > 144.90

**Festlegung 11.2.2010: Solange „alter“ Regelalgorithmus in Kehl aktiv: Keine Änderung**, für „neuen Regelalgorithmus“: Prüfen, ob 144.50 besser ist

Übergang zu „Entleeren“ wenn:

QMax < 3600 oder QMax < 4200 und fallende Tendenz (QMaxau\_alt > 4200 und QMaxau\_aktuell < 4200)

**Zunächst keine Änderung, siehe unten**

Besondere Retention (Betr.art 9):

**Festlegung 11.2.2010: Wird in Auswahl nichtmehr angezeigt**

(in dhs.init gekennzeichnet durch #)

Dient als Reserve für eventuelle zukünftige Betriebsarten

Große Retention (Betr.art 10): Neuer Text „Retention 146/380“:

Regeln nach DQsoll 380

Übergang zu „Ende große Retention“ wenn:

D19 > 145.90 oder D13 > 146.50

**Festlegung 11.2.2010: Übergang zu „Ende große Retention“ bleibt zunächst wie bisher**

für „neuen Regelalgorithmus“: Prüfen, ob „D19 >=145.50 oder D13 >= 146.10“ besser ist

Übergang zu „Entleeren“ wenn:

QMax < 3600 oder QMax < 4200 und fallende Tendenz (QMaxau\_alt > 4200 und QMaxau\_aktuell < 4200)

**Zunächst keine Änderung, siehe unten**

Ende Retention (Betr.art 4) Neuer Text „Ende Retention 145“:

Regeln nach HSoll 142.50 → 145

Übergang zu „Entleeren“ wenn:

QMax < 3600 oder QMax < 4200 und fallende Tendenz (QMaxau\_alt > 4200 und QMaxau\_aktuell < 4200)

**Zunächst keine Änderung, siehe unten**

Entleeren (Betr.art 5):

Regeln nach QKK\_halten -170 → -400

Übergang zu „Normalstau“ wenn: D19 < 140.0 und QKK < 2000

Übergang zu „Retention“ wenn: Steigende Tendenz QMax

Ende große Retention (Betr.art 11): Neuer Text „**Ende Retention 146**“

Regeln nach HSoll 145 → **146**

**Überwachung D13 < 146.60 ist in den neuen Regelalgorithmus zu integrieren (ist im bisherigen nicht vorhanden)**

Übergang zu „Entleeren“ wenn:

QMax < 3600 oder QMax < 4200 und fallende Tendenz (QMaxau\_alt > 4200 und QMaxau\_aktuell < 4200)

**Zunächst keine Änderung, siehe unten**

Entleeren groß (Betr.art 12): **Festlegung bei Besprechung vom 9.2.2010: Wie „Entleeren“**

Regeln nach QKK\_halten -400

Übergang zu „Normalstau“ wenn: D19 < 140.0 und QKK < 2000

Übergang zu „große Retention“ wenn: Steigende Tendenz QMax

Anmerkung zum Umschalten bzw. Vorschlag „Entleeren“:

**Festlegung 11.2.2010:**

Übergang zu „Entleeren“ bleibt zunächst wie bisher.

Es muss zuerst noch diskutiert werden wie das geänderte Reglement umgesetzt werden kann

**Festlegung 3.3.2010:**

Kriterium für Vorschlag „entleeren“ wird erweitert um

„Abfluss Maxau unterschreitet 4000 CBM“ (Q-Maxau (t) < 4000 und Q-Maxau(t-1) >= 4000)

**Hinweis 4.3.2010:**

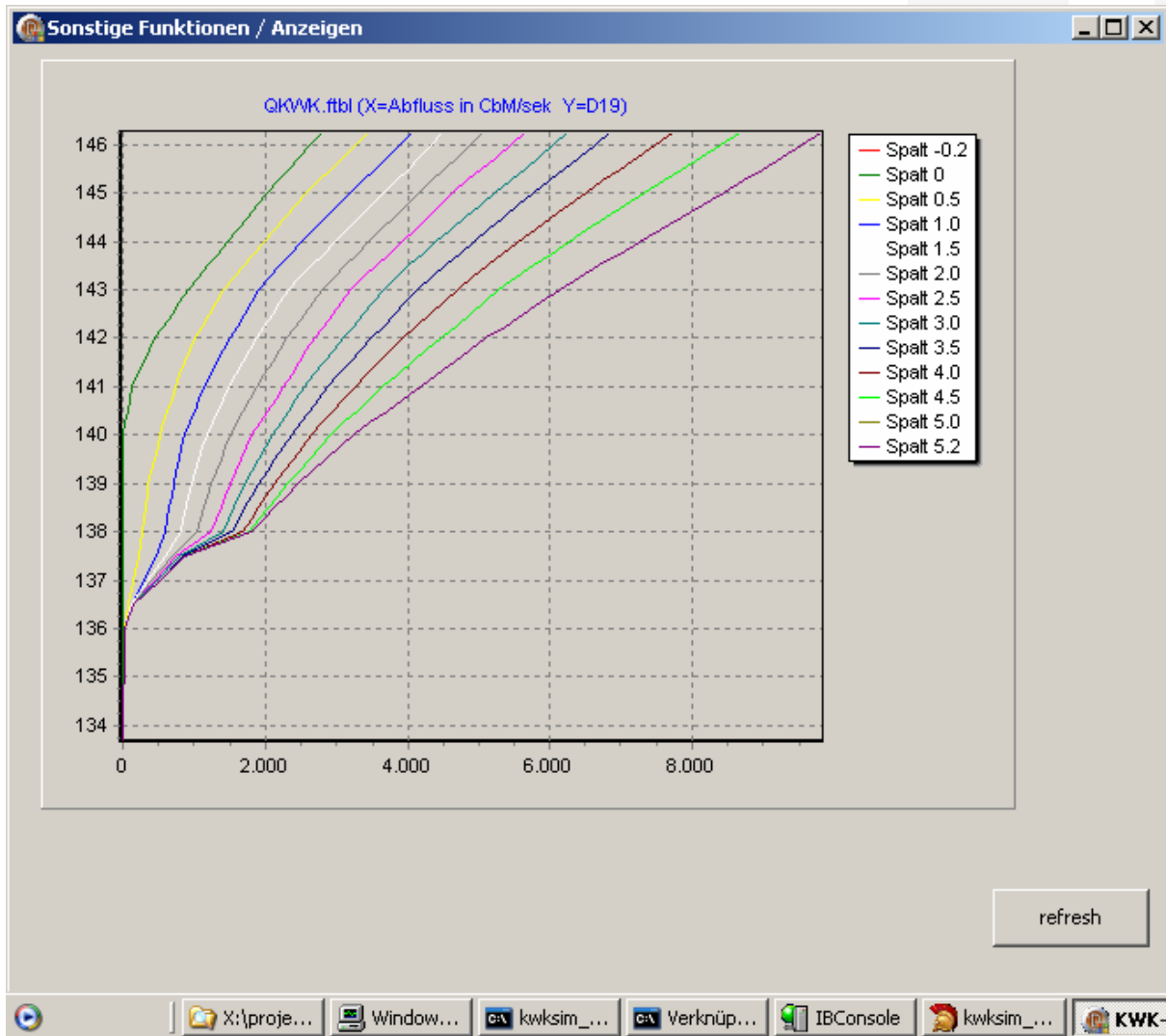
**Die oben in BLAU markierten Änderungen wurden im Februar 2010 im KWK-Prozessrechner eingebaut und sind aktiv**

Noch nicht betrachtet:

Stauwurzel, ökologisches Fluten, alle Polder-Betriebsarten

## 14.2 Abflusstabelle QKWK.ftbl

Die vom Prozessrechner verwendete Tabelle zur Ermittlung des Abflusses  $Q_1 = f(\text{Spaltöffnung, D19})$   
 $Q_1$  geht über die DQ-Begrenzung in die Regelung ein und ist ein Input-Parameter der Simulation.



### 14.3 Algorithmus Schützsteuerung wie er bisher implementiert ist:

**Gegeben: dQ\_Soll**

Wert := VPR (dQ\_anpassung1, (dQ\_Soll – dQ\_intern)

d.h. Wert im Bereich : -1, 0, 1

Wenn Wert = 0: dq\_intern := dQ\_Soll

**→ PID 1 DQ\_intern:**

Wenn Wert <> 0: dQ\_intern := PID (dQ\_Anpassung2, Wert, dt)

DQ\_Anpassung2 : nur I-Faktor gesetzt 0.0278 / Begrenzung: 200 ... -500

D.h. bei konstant dQ\_Soll = 170 und dQ\_intern < 170 dauert es ca. 100 Minuten bis dQ\_intern = 170 ist.

DQ\_IST spielt hier keine Rolle !

Es geht hier lediglich darum DQ\_SOLL – Änderungen zu glätten

**→ PID 2 dq\_intern => Volumen\_soll:**

Volumen\_soll := PID (,dq\_intern, dt)

I-Faktor = 1

H\_vorgabe\_soll := V\_nach\_H (volumen\_soll) // Umrechnung mittels funktionstabelle VHD19

**→ PID 3 delta H => Richtung:**

**H\_ist\_vorschau : geglätteter D19**

H\_vorgabe := PID (hv\_anpassung, h\_ist\_vorschau – h\_vorgabe, dt )

Hv\_anpassung: I-Faktor 0.01 / Begrenzung: 135 ..147

richtung = vpr( &ged\_motorbefehl, H\_ist\_Vorschau - H\_Vorgabe ); /\* gedachter Motorbefehl \*/

richtung = dQ\_begrenzer( richtung, dQ\_ist, dQ\_intern ); /\* Verschlechterung vermeiden \*/

Dq\_begrenzer verhindert Bewegungen in die „falsche“ Richtung

Wenn Richtung = „Schütz mehr“ gefahren werden soll:

Wenn DQ\_IST < DQ\_SOLL : Richtung := 0

Wenn Richtung = „Schütz weniger“ gefahren werden soll:

Wenn DQ\_IST > DQ\_SOLL : Richtung := 0

DQ\_IST wird aus dem Volumengradienten des gemessenen Volumens ermittelt und ist der Durchschnitt der letzten 4 Werte

**→ PID 4 gedachter Motor:**

/\* Regeltteilstrecke von Öffnung nach realer Motorbefehl. \*/

Oeffnung\_soll = pid( &ged\_motor, richtung, dt );

I-Faktor : 0.05

/\* realer Motorbefehl \*/

An Anlage gesendeter Motorbefehl := vpr( &real\_motorbefehl, Oeffnung\_soll - Oeffnung\_ist );



## 14.4 Simulationsparameter

Form\_sim\_params

Parametername	Wert	Dyn	Hinweis
SEGMENT_ZEIT_PRO_SCHRITT	1.0	J	Segmentgeschwindigkeit sek pro Schritt
ZEITFAKTOR	1	J	Simulationszeit läuft um Zeitfaktor schneller als Echtzeit
ZEITVERZOEGERUNG_Q13	120	J	Zeitverzögerung in Minuten Q13 := (Q1 + Q3 ) zeitverzögert
D13_BERECHNUNG_PARAM_A	0.01	J	D13 := D19 + a + b * Q
D13_BERECHNUNG_PARAM_B	0.0004	J	D13 := D19 + a + b * Q
D14_BERECHNUNG_PARAM_A	0.01	J	D14 := D19 + a + b * Q
D14_BERECHNUNG_PARAM_B	0.0004	J	D14 := D19 + a + b * Q
D15_BERECHNUNG_PARAM_A	0.01	J	D15 := D19 + a + b * Q
D15_BERECHNUNG_PARAM_B	0.0004	J	D15 := D19 + a + b * Q
D16_BERECHNUNG_PARAM_A	0.01	J	D16 := D19 + a + b * Q
D16_BERECHNUNG_PARAM_B	0.0004	J	D16 := D19 + a + b * Q
D17_BERECHNUNG_PARAM_A	0.01	J	D17 := D19 + a + b * Q
D17_BERECHNUNG_PARAM_B	0.0004	J	D17 := D19 + a + b * Q
D24_BERECHNUNG_PARAM_A	0.01	J	D24 := D19 + a + b * Q
D24_BERECHNUNG_PARAM_B	0.0004	J	D24 := D19 + a + b * Q

Spalte Dyn: Falls Ja wirkt sich eine Änderung sofort aus, ansonsten erst nach dem Stoppen und Neustart der Simulation

zurück