

Auswertung der Meßdaten

Redaktion

A. KHELIL

Bearbeitung

A. KHELIL, M. HARMS, M. OBERMEIER, E. SUSSEG

Im Folgenden sollen exemplarisch Ergebnisse aus der umfangreichen Untersuchung des Meßdatenmaterials dargestellt werden. Sie sollen Methode und Ziele der Aufbereitung der Regenschreiberdaten veranschaulichen.

TAG NR	August	September	Oktober	November	Dezember
1					Trocken
2					Trocken
3	Trocken			Trocken	Trocken
4	Trocken			Trocken	
5					
6					
7			Trocken		
8			Trocken		Trocken
9			Trocken	Trocken	
10			Trocken		
11			Trocken		
12			Trocken		Trocken
13			Trocken		
14			Trocken		
15	Trocken		Trocken		
16	Trocken		Trocken		Trocken
17			Trocken		Trocken
18			Trocken		Trocken
19			Trocken		keine Mess. vorh.
20			Trocken		keine Mess. vorh.
21			Trocken		keine Mess. vorh.
22			Trocken	Trocken	keine Mess. vorh.
23		Trocken		Trocken	keine Mess. vorh.
24		Trocken		Trocken	keine Mess. vorh.
25		Trocken		Trocken	keine Mess. vorh.
26					keine Mess. vorh.
27					keine Mess. vorh.
28					keine Mess. vorh.
29		Trocken		Trocken	keine Mess. vorh.
30		Trocken		Trocken	keine Mess. vorh.
31					keine Mess. vorh.
Summe:	4	5	16	9	21

Tab. 1: Übersicht der Trockenwettertage im Jahr 1994 im Bereich des AOI

Ein erster Schritt stellt die Auswertung der Tageswerte aus den verfügbaren Regenschreibern dar - in mm Niederschlag pro Tag -. Die *Trockenwettertage* bilden eine Untermenge derjenigen Tage, deren Tageshöhe für alle Regenschreiber des AOI-Bereichs Null ist: Es muß zudem gewährleistet werden, daß kein Regenwasserzulauf aus vergangenen Regen die Ganglinien verfälscht. Tab. 1 zeigt entsprechende Ergebnisse für das Jahr 1994.

Zur Auflistung der Trockenwettertagen wurden 5 Regenschreiber herangezogen: BLAICHACH, FISCHEN, SONTHOFEN2, HINDELANG5, HINDELANG 7.

Zur Ermittlung der Trockenwetterbelastung am Zulauf eines jeweiligen Speichers werden die Stundenwerte für eine repräsentativen Zahl von Tagen herangezogen.. Diese Stundenwerte werden gemittelt und die *mittlere* Ganglinie wiederum durch polynomiale Regression approximiert – vgl. Abb. 1, Abb. 2 und Abb. 3 -.

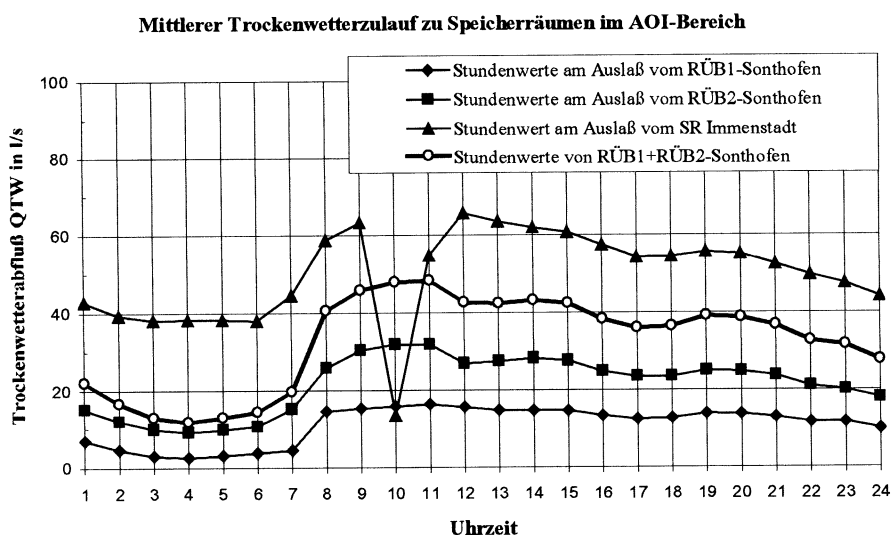


Abb. 1: Mittlere Trockenwetterganglinien

Zulauf zu dem RÜB SONTHOFEN 1
Approximation der Trockenwetterganglinie

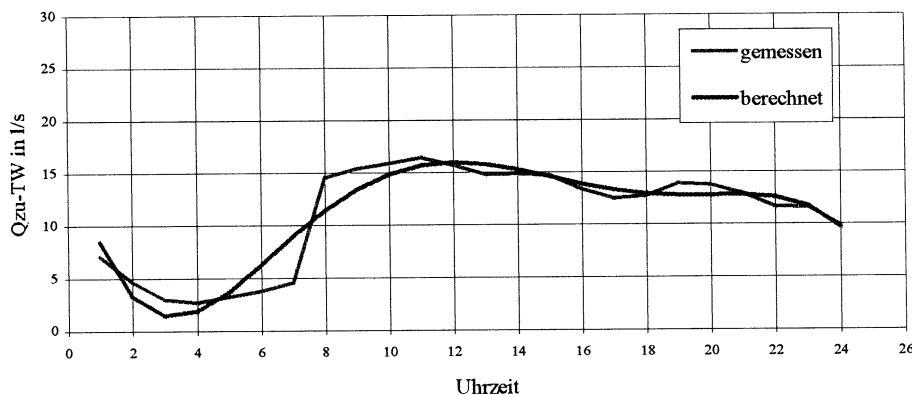


Abb. 2: Idealisierter Trockenwetterzulauf zum RÜB1 in SONTHOFEN

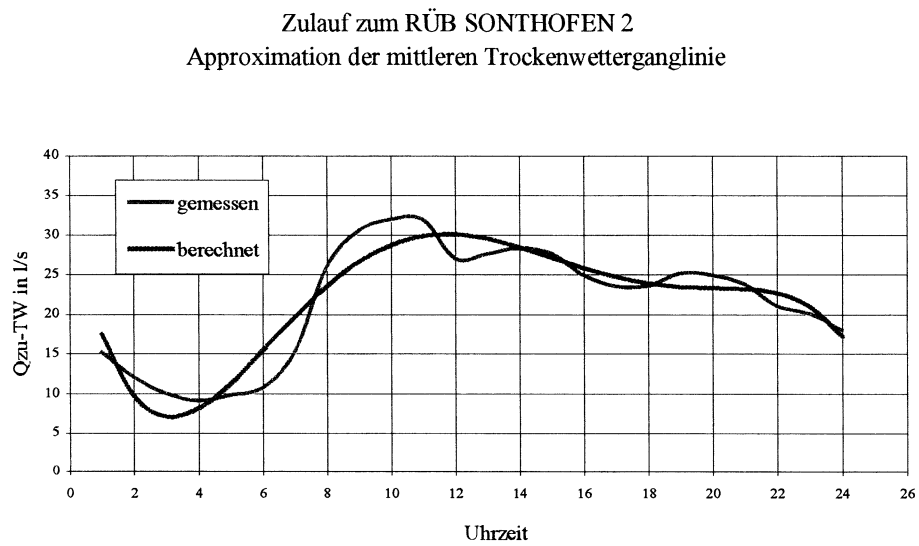


Abb. 3: Idealisierter Trockenwetterzulauf zum RÜB2 in SONTHOFEN

Es war nicht Ziel dieses Vorhabens, eine fundierte Regenstatistik durchzuführen. Vielmehr sollen hier einige Möglichkeiten der Aufbereitung aufgezeigt werden, die als Prüfung der Datenkonsistenz an den Regenschreibern aufgefaßt werden können, im Hinblick auf das eigentliche Ziel der Datenaufbereitung, nämlich die Aufzählung und Charakterisierung von Niederschlagsereignissen.

Regenschreiber HINDELANG 7 Tageswerte in September 1994

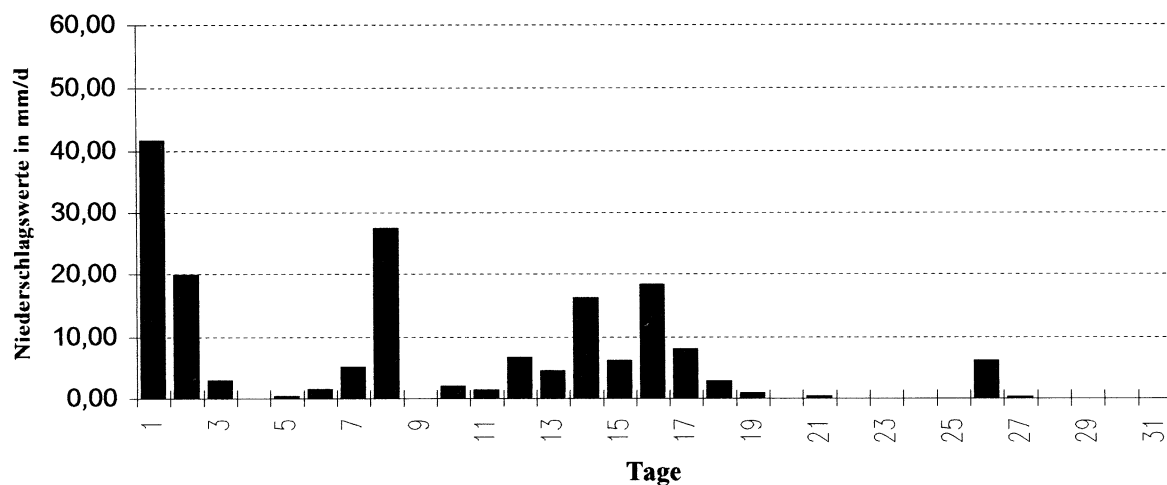


Abb. 4: Darstellung der Tagesniederschlagshöhen am Beispiel HINDELANG 7, September 1994

	BLAICHACH-NORD	FISCHEN	SONTHOFEN 2	HINDELANG 5	HINDELANG 7
August	4,90	11,19	4,76	5,25	5,58
September	5,43	4,81	4,76	5,69	5,66
Oktober	2,56	2,49	2,13	2,68	2,69
November	2,94	2,64	2,81	3,41	3,26
Dezember	2,05	1,69	1,87	2,16	2,00

Tab. 2: Mittlere Tageswerte pro Monat und Regenschreiber in mm/d

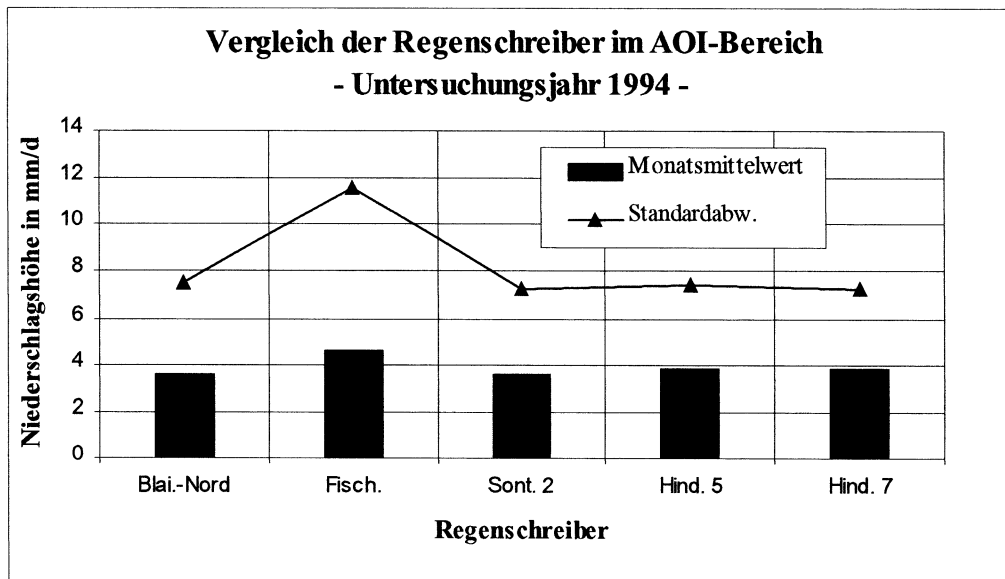


Abb. 5: Gemessene Niederschlagshöhen im AOI-Bereich, August-Dezember 1994

Anmerkung zu den Abbildungen:

Die Standardabweichung bezieht sich auf den Monatsmittelwert des jeweiligen Regenschreibers.

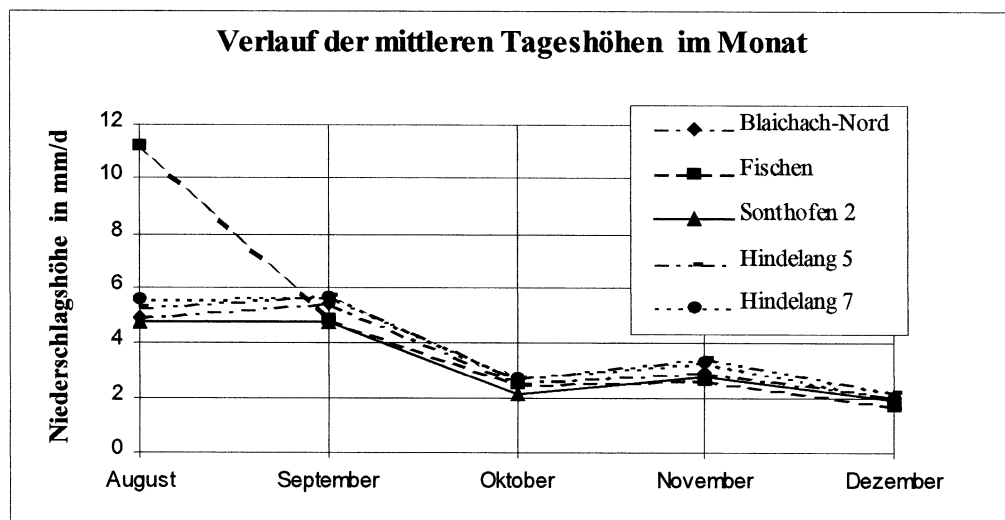


Abb. 6: Verlauf der gemessenen Niederschlagshöhen im AOI-Bereich, August-Dezember 1994

Regenschreiber HINDELANG 7
Untersuchung der Niederschlags- Tageswerte 1994

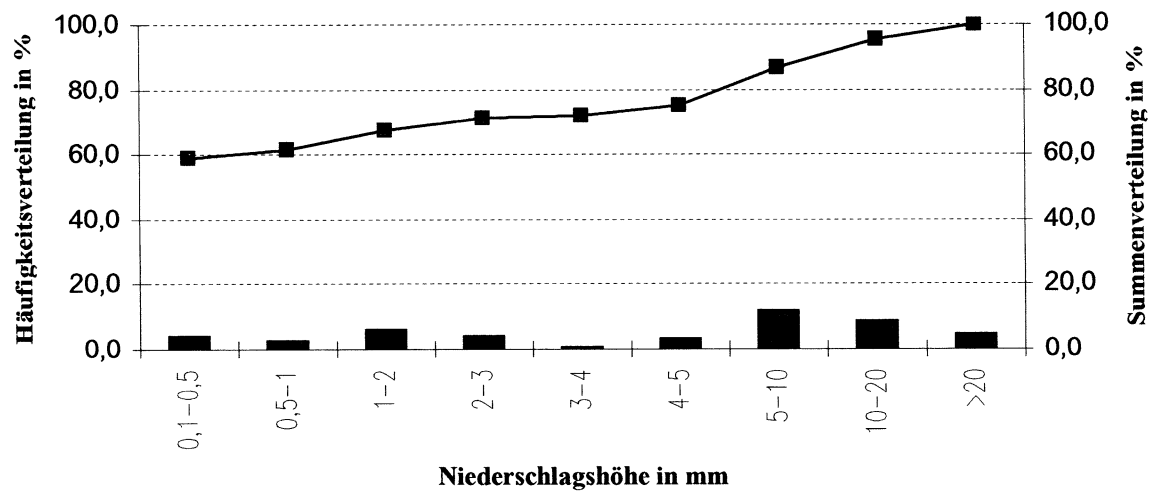


Abb. 7: Verteilungsfunktion des Tagesniederschlags in mm/d

Hauptziel des Teilvorhabens ist es, *Modellbausteine für die online Vorhersage der Zuflußbelastung in die Kanalisation zu entwickeln und implementieren.*

Als Referenzmodell gilt die detaillierte, vollständige, hydrodynamische Berechnung der Teilsysteme. Meistens wurde das Programm HYSTEM-EXTRAN als Bezugsmodell genommen, gelegentlich das Programm DYNA. Die online Berechnungsbausteine - Programm HYDROSIM bzw. PREDICT - werden durch Vereinfachungen des Transportbausteines - sei es in der Kanalbeschreibung oder in der mathematischen Formulierung der Ansätze - abgeleitet.

Da der Modellvergleich im Vordergrund steht, wurden die Bezugsberechnungen stets mit Standardparametern durchgeführt. Eine prinzipielle Aussage über die Eignung der vereinfachten Modelle ist dadurch nicht eingeschränkt.

Die online Berechnung aber – im Gegensatz zur offline Planung mit Hilfe der numerischen Simulation – muß sich an den wahren Gegenbenheiten im Kanalnetz orientieren. Daher ist eine Kalibrierung der Modelle – sowohl HYSTEM-EXTRAN als auch HYDROSIM – unumgänglich. Was die detaillierte hydrodynamische Berechnung betrifft, ist hauptsächlich eine Anpassung der Parameter der Abflußbildung gemeint. Im Rahmen dieses Projektes wurde dieses Problem nur ansatzweise angesprochen - vgl. KHELIL, RÖCHE 1997, SUSEGG, 1998 -.

Grundlage solcher Modellanpassung bildet die *ereignisbezogene* Untersuchung der vom Leitsystem archivierten Daten. Damit wird versucht, an den Steuerstellen des Kanals - Speicherbecken oder Stauräume - für eine Reihe von Niederschlagsereignissen die für das Einzugsgebiet repräsentativen Niederschlagshöhen mit entsprechender Abflußwelle aus dem angeschlossenen Gebiet in Verbindung zu bringen. Der Beobachtungszeitschritt liegt dabei innerhalb weniger Minuten - i.d.R. 5 min -.

Diese Abflußwelle entspricht nicht einer gemessenen oder hydrodynamisch ermittelten Zuflußwelle in den Speicher, da durch die Speicherung ein Rückstau des Mischwassers erwirkt wird, dessen Effekt ausgeschaltet werden soll – es gilt einzig das Verhalten des oberhalb liegenden Gebiets zu charakterisieren -.

Das Leitsystem liefert i.d.R. folgende Größen: Abfluß aus dem Speicher - Q_{ab} in m^3/s -, Wasserstand im Speicher - y in m NN -. In besonderen Fällen wird auch der Wasserstand an der Überlaufstelle des Speichers erfaßt - in m NN -.

Die Grundidee der Aufbereitung ist es, durch *Formulierung der Kontinuitätsbedingung* im Speicher auf die Zuflußwelle zurückzuschließen. Dabei ist eine genaue Kenntnis der Speicherkurve erforderlich, wobei nicht nur das Speichervolumen, sondern das gesamte aktivierbare Volumen berücksichtigt werden soll - vgl. Abb. 8 und Abb.9 -.

Eine Konsistenzprüfung der erhaltenen Ganglinien in SONTHOFEN RÜB1 und RÜB2 offenbarte nach und nach fehlerhafte Angabe zur Beschreibung der Bauwerke - z.B. Höhe und Länge der Wehrschwelen der SONTHOFENER RÜB - oder Unzulänglichkeiten der Archivierung¹, die die Zuverlässigkeit der vor 1997 erarbeiteten Ereignisdaten stark einschränken.

Untersuchungen zur mathematischen Formulierung der Kontinuitätsgleichung bzw. zur Glättung der erhaltenen Zuflußkurven wurden durchgeführt, um eine Standardmethode zu bestimmen. Tab. 3 und

¹ Um Speicherplatz zu sparen, archiviert das Leitsystem nur dann einen neuen Wert, wenn der Meßwertunterschied höher als 5 % beträgt. Solange die Bedingung unerfüllt bleibt, gilt der Wert als konstant. Dadurch wird eine treppenförmige Verzerrung der Wasserstandsganglinien in den Becken künstlich verursacht, die es mathematisch aufzufangen gilt. Insbesondere im Entlastungsbereich entsprechen 5 % der gesamten Beckenhöhe einer erheblichen Volumendifferenz.

Tab. 4 zeigen Listen der auf diese Weise gültig erarbeiteten Ereignisse für SONTHOFEN RÜB1 und RÜB2.

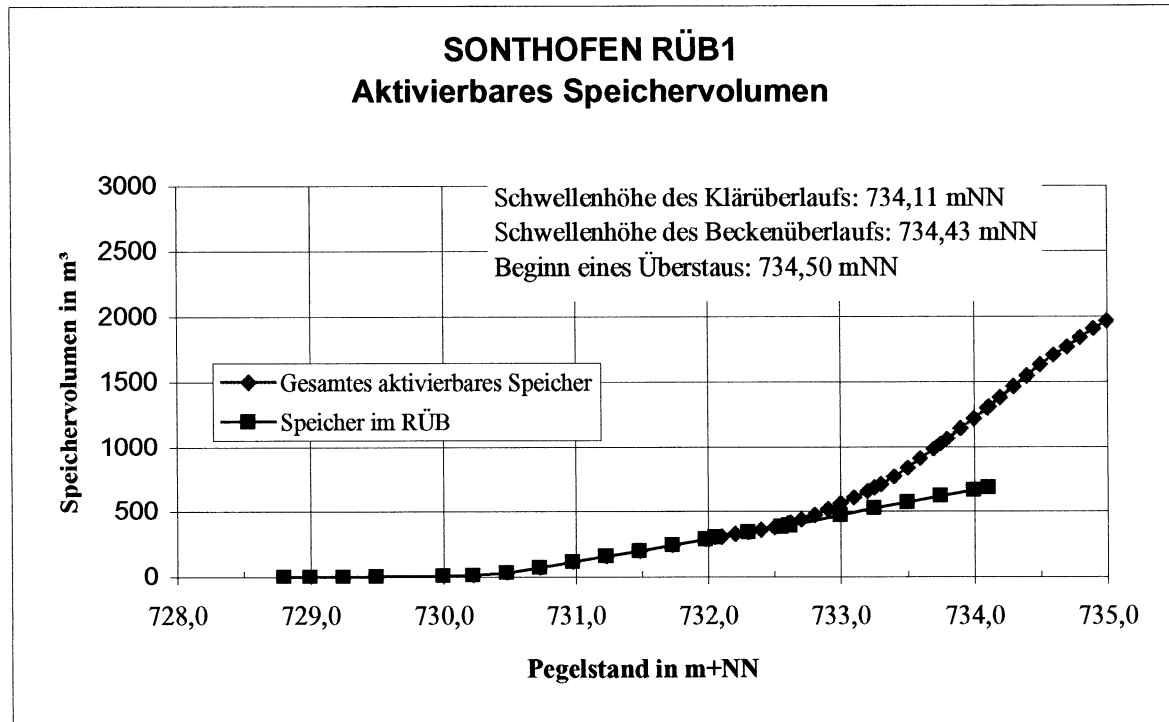


Abb. 8: Vergleich zwischen Beckenspeicher und gesamtem Speicher in SONTHOFEN RÜB1

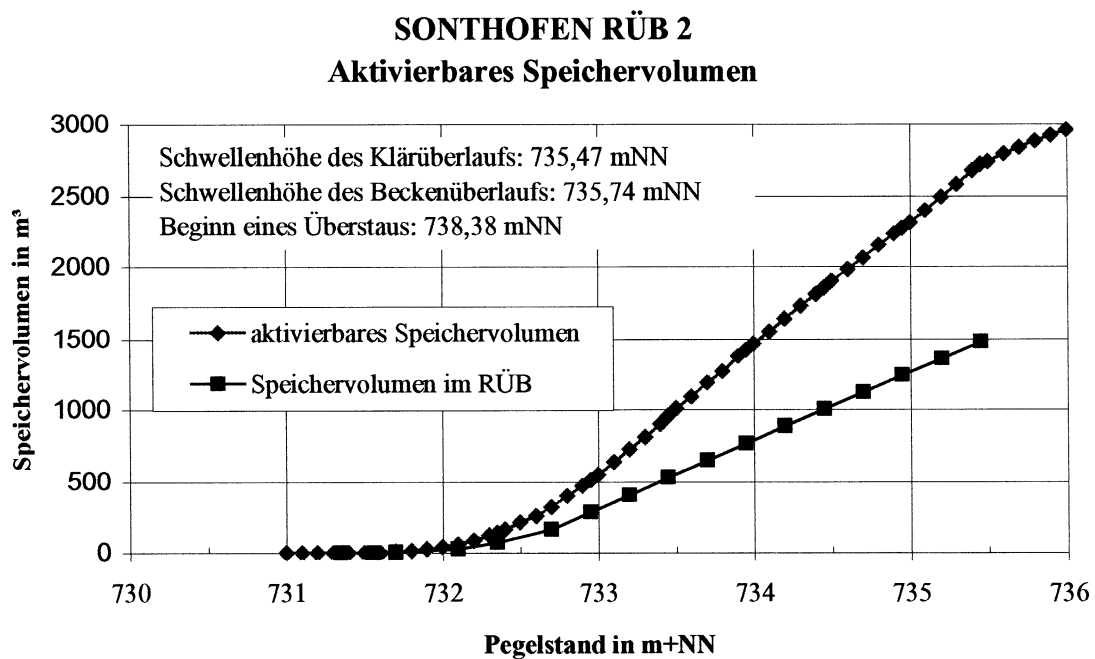


Abb. 9: Vergleich zwischen Beckenspeicher und gesamtem Speicher in SONTHOFEN RÜB2

Auswertung des Datenmaterials	Ereignisbezogene Untersuchung
--------------------------------------	--------------------------------------

Nr.	Name	Datum	Dauer (von....bis)	Dauer [h]	Bruttoregen [mm]	ΣQ_{ab} [m³]	$Q_{ab_{mittel}}$ [l/s]	ΣQ_{zu} [m³]	ΣQ_{ku} [m³]	ΣQ_{bil} [m³]
1	E_010996	01.09.96	08:30-23:30	15,1	22,10	3986,941	73,262	3987,416	0,000	0,000
2	E_211096	21.10.96	02:30-04:30	26,1	24,30	10902,480	115,959	13216,910	2314,826	0,000
3	E_291096	29.10.96	08:00-10:00	26,1	26,50	9788,851	104,115	11024,538	1235,765	0,000
4	E_241296	24.12.96	14:00-04:00	14,1	9,10	3307,085	65,074	3307,243	0,000	0,000
5	E_050297	05.02.97	13:30-03:30	14,1	31,60	4342,034	85,339	4336,854	0,000	0,000
6	E_140297	14.02.97	17:00-15:10	22,3	24,20	8654,723	107,887	8824,135	169,412	0,000
7	E_180297	18.02.97	20:01-03:24	7,5	16,10	2513,953	93,109	2847,617	336,471	0,000
8	E_260297	26.02.97	01:00-05:59	29,1	33,40	10325,755	98,566	11021,046	695,528	0,000
9	E_210397	21.03.97	12:31-19:59	7,6	6,70	1459,811	53,473	1459,899	0,000	0,000
10	E_240397	24.03.97	01:01-15:58	15,1	12,50	3922,691	72,321	3920,400	0,000	0,000
11	E_280397	28.03.97	07:01-05:28	22,6	29,40	6828,370	84,052	10228,430	3403,300	0,000
12	E_121097	12.10.97	20:01-01:59	30,1	67,40	11465,937	105,872	81249,009	69783,998	0,000
13	E_121197	12.11.97	03:31-01:59	22,6	54,40	10180,019	125,215	78096,698	69215,998	0,000

Tab. 3: Liste von gültigen Ereignisdaten in SONTHOFEN RÜB1 - ab September 1996 -

Auswertung des Datenmaterials	Ereignisbezogene Untersuchung
--------------------------------------	--------------------------------------

Nr.	Name	Datum	Dauer (von....bis)	Dauer [h]	Bruttoregen [mm]	ΣQ_{ab} [m³]	$Q_{ab, mittel}$ [l/s]	ΣQ_{zu} [m³]	ΣQ_{ku} [m³]	ΣQ_{lo} [m³]
1	E_010996	01.09.96	08:30-23:30	15,1	22,10	7782,27	143,00	7782,27	0,00	0,00
2	E_210996	21.10.96	02:30-04:30	26,1	24,30	13094,69	139,28	13095,52	0,00	0,00
3	E_291096	29.10.96	08:00-10:00	26,1	26,50	11799,43	125,50	11799,43	0,00	0,00
4	E_241296	24.12.96	14:00-04:00	14,1	9,10	6323,94	124,44	6323,94	0,00	0,00
5	E_181296	18.12.96	02:00-16:59	15,1	10,10	6889,27	126,73	6889,27	0,00	0,00
6	E_181296	18.12.96	04:26-15:47	11,5	7,70	6135,56	148,63	6136,39	0,00	0,00
7	E_050297	05.02.97	13:01-11:09	22,3	15,80	7673,13	95,79	7673,13	0,00	0,00
8	E_140297	14.02.97	17:00-15:10	22,3	24,20	11976,03	149,29	13146,72	0,00	0,00
9	E_180297	18.02.97	20:01-03:29	7,6	16,10	4007,97	146,81	4104,55	0,00	0,00
10	E_260297	26.02.97	01:00-05:59	29,1	33,40	13750,97	131,26	13754,27	0,00	0,00
11	E_210397	21.03.97	12:31-19:59	7,6	6,70	2143,08	78,50	2143,08	0,00	0,00
12	E_240397	24.03.97	01:01-15:58	15,1	12,50	6743,33	124,32	6743,33	0,00	0,00
13	E_280397	28.03.97	07:01-05:28	22,6	29,40	9292,36	114,38	9292,36	0,00	0,00
14	E_121097	12.10.97	20:01-01:55	30,0	67,30	5011,82	46,38	5713,36	704,80	0,00
15	E_131097	13.10.97	12:01-02:57	15,1	10,60	1506,19	27,80	1685,83	-556,48	738,29
16	E_121197	12.11.97	05:01-12:28	7,6	0,00	402,90	14,79	403,73	0,00	0,00

Tab. 4: Liste von gültigen Ereignisdaten in SONTHOFEN RÜB2 - ab September 1996 –

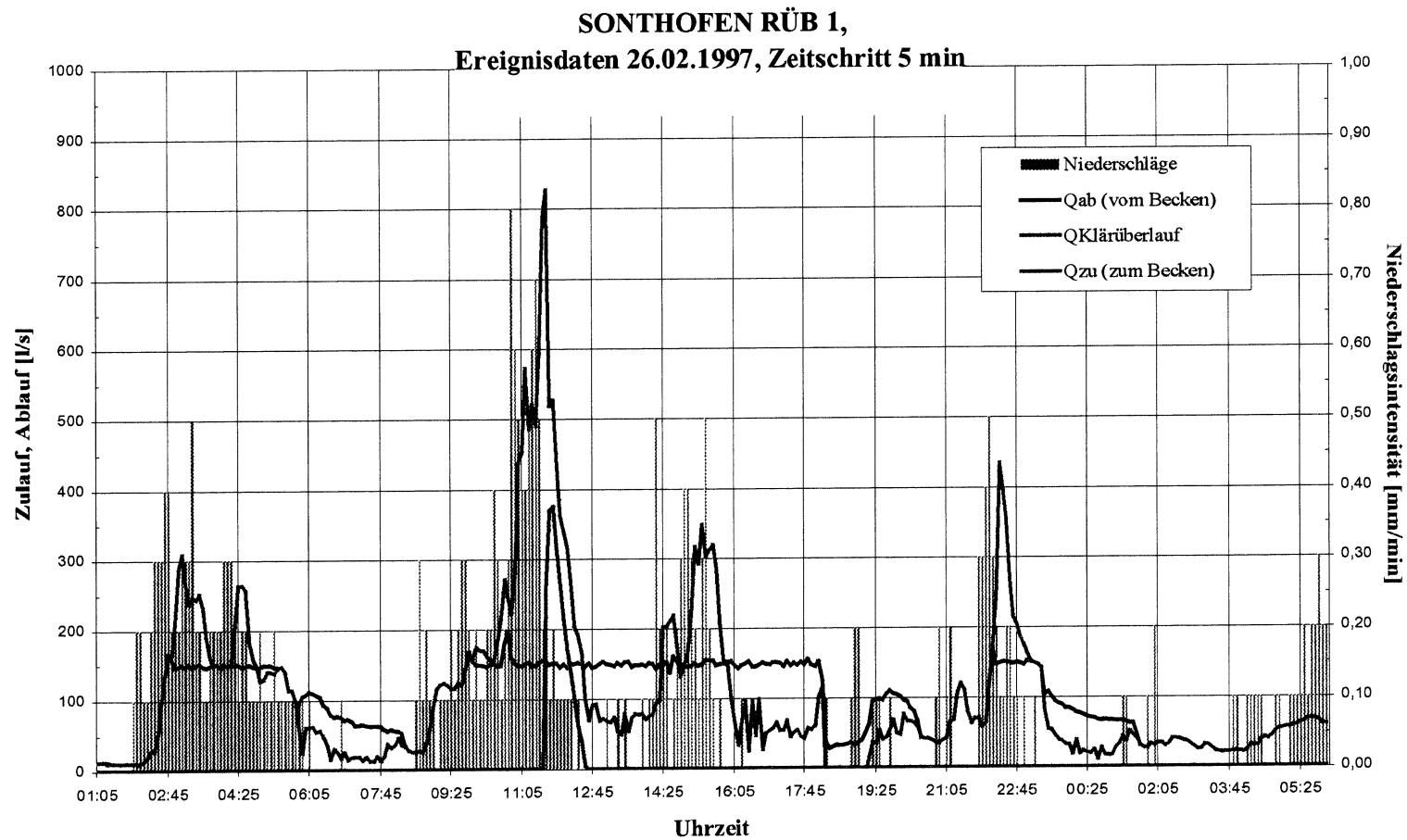


Abb. 10: Beispiel der Meßdatenauswertung für Ereignis 26.02.1997 in SONTTHOFEN RÜB1

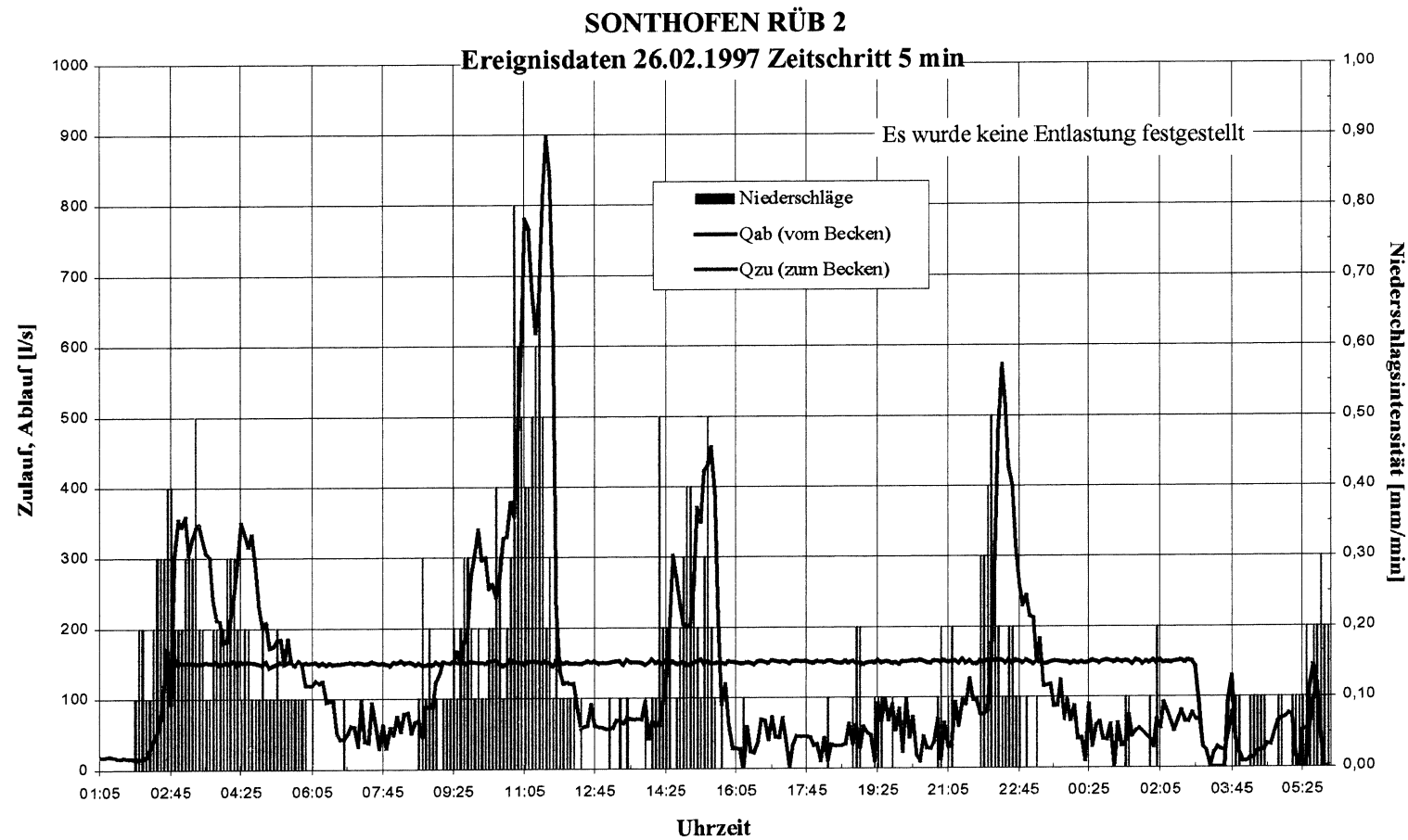


Abb. 11: Beispiel der Meßdatenauswertung für Ereignis 26.02.1997 in SONTHOFEN RÜB2

Abbildungen 10 und 11 zeigen neben den gemessenen Größen - Abfluß aus dem Speicher, Q_{ab} in m^3/s -, Niederschlag im mm/min – die ermittelte Abflußwelle aus dem jeweiligen Teilgebiet - Q_{zu} in m^3/s -.

Solch geprüfte Ganglinien bilden die Grundlage einer direkten Kalibrierung der Modelle, vor allem des Bausteins *Abflußbildung*.

Optimierungsmethoden wurden schon angesetzt - vgl. z.B. DEYDA, 1991 -. Die Schwierigkeit dabei liegt in der möglichen Empfindlichkeit des Algorithmus auf Meßunsicherheiten und andere zufällige Schwankungen der "gemessenen Signale".

In Anlehnung an Untersuchungen von DELLEUR, BAFFAULT, 1987 und FUCHS, ZINN, 1989 wurde von KHELIL, WETZORKE, 1991 und KHELIL, RÖCHE 1997 ein regelbasiertes System zur Kalibrierung von HYSTEM-EXTRAN entwickelt bzw. weiter entwickelt und für Teilgebiete SONTHOFEN RÜB1 und RÜB2 überprüft. Das Programm hat sich gut bewährt, trotz der z.Zt. noch schwierigen Handhabung.