

## Gliederung

- 1) Ziel der Untersuchung
- 2) Das verwendete Programm
- 3) Das theoretische Beispiel
  - 3.1) Die Übertragungsfunktionen
  - 3.2) Der Modellregen
  - 3.3) Ergebnisse der Simulationen bei  $(n*k)=5$  min
  - 3.4) Ergebnisse der Simulationen bei  $(n*k)=20$  min
  - 3.5) Ergebnisse des theoretischen Beispiels
  - 3.6) Beispiel Ergebnisse bei anderer Methode
- 4) Das praktische Beispiel
  - 4.1) Zur entwässerten Fläche - Schwerpunktlaufzeiten
  - 4.2) Das Niederschlagsereignis
  - 4.3) Die Übertragungsfunktionen
  - 4.4) Ergebnisse der Simulation - Abflußwellen
  - 4.5) Ergebnisse der Simulation mit  $(n*k)=10$  min
  - 4.6) Ergebnisse der Simulation mit  $(n*k)=5$  min
  - 4.7) Ergebnisse der Simulation im Vergleich  $(n*k)=5$  und 10 min
- 5) Schlußfolgerung

## Anlagen

## 1) Ziel der Untersuchung

Bei der Simulation von Niederschlagsabflußereignissen werden Niederschlagsdaten verarbeitet, die aus einer Umsetzung von Regenschreiberinformationen in Niederschlagsintensitäten je Zeitschritt bestehen. Außerdem können entsprechend Niederschlagsmessungen per Radar benutzt werden, oder Modellregen eingesetzt werden. Üblicherweise werden Niederschlagsdaten verarbeitet, die über 5-Minuten-Intervalle ermittelt wurden.

Ziel dieser Untersuchung sollte es sein, eine Aussage darüber zu treffen, inwieweit eine Unsicherheit der Ergebnisse von Niederschlagsabflußsimulationen dadurch besteht, daß eine Betrachtung in 5-Minuten-Schritten vorgenommen wird, und dadurch die zeitliche Differenzierungen innerhalb des Intervalls außer acht gelassen wird. Das gilt sowohl für die Differenzierungen der Regeninformationen, als auch für die daraus resultierenden Ergebnisse, die auch nur über ein entsprechend langes Intervall betrachtet werden können.

## 2) Das verwendete Programm

Für diese Untersuchung sollte ein Vergleich von zeitlich unterschiedlich differenzierten Niederschlagsabflußsimulationen stattfinden. Hierzu wurde ein Programm entwickelt, mit dem man in der Lage ist, zeitlich unterschiedlich genau differenzierte Niederschlagsinformationen zu benutzen, um eine entsprechend unterschiedlich genau differenzierte Abflußwelle zu ermitteln. Die Bestimmung der Abflußwelle erfolgt dabei über eine Übertragungsfunktion, der das Modell einer linearen Speicherkaskade als Beschreibung des Abflußverhaltens zugrunde liegt.

Das Programm UEBERF arbeitet mit den Vorgaben:

Regendatei in beliebigen Zeitschritten, bis 360 min lang

n,k Parameter einer Speicherkaskade

Fläche des untersuchten Gebietes

Das Programm ermittelt eine Abflußwelle durch:

Ermittlung der Abflußwerte jedes vorangegangenen Niederschlagsimpulses zum Zeitpunkt des Berechnungsschrittes mit:

$$\frac{l}{k(n-1)!} * \frac{t}{k}^{(n-1)} * e^{-\frac{t}{k}}$$

Addierung der Abflußwerte jedes vorangegangenen Niederschlagsimpulses je Berechnungsschritt

Mittelwertbildung der Berechnungsschritte je Ausgabeschritt

Abbruch der Berechnung bei 1/500 vom Spitzenabfluß

Ausgabe des Scheitelabflusses der errechneten Abflußwelle einer korrigierten Abflußwelle unter Ausgleich des Volumenfehlers

Bei der Arbeit des Programms ist die Anzahl der Berechnungsschritte je Zeitintervall der Regendatei zu wählen; dies beeinflußt die Genauigkeit der errechneten Abflußwelle. Außerdem ist die Anzahl der Ausgabeschritte je Zeitintervall der Regendatei zu wählen; dies beeinflußt die Differenzierung der ausgegebenen Abflußwelle.

Bemerkung:

Die Werte der Regendatei werden in dieser Untersuchung als Impulse aufgefasst, die den Niederschlag des jeweils zuvor liegenden Zeitintervalls ausdrücken. Desgleichen sind die Ausgabewerte der Abflußwelle als Beschreibung des Abflusses im jeweils zuvor liegenden Zeitintervall zu verstehen.

Beim Vergleich von Abflußwellen, die mit unterschiedlich langen Zeitintervallen berechnet wurden, ergibt sich dadurch eine zeitliche Verschiebung der ermittelten Wellen zueinander. Bei dem Vergleich von 1-Minuten- und 5-Minuten-Betrachtungen beträgt diese Verschiebung vier Minuten. Zwei Minuten durch Verschiebung des Schwerpunktes eines Niederschlagsimpulses, und zwei Minuten durch ebensolche Verschiebung des Ausgabewertes. Diese zeitliche Verschiebung ist bei der Betrachtung der folgenden graphischen Darstellungen zu beachten, wenn eine Veränderung nicht an der Graphik vermerkt ist.

### 3) Das theoretische Beispiel

#### 3.1) Die Übertragungsfunktionen

Berechnet werden Abflußwellen, bzw. Spitzenabflüsse für ein theoretisches Regenereignis. Die Schwerpunktlaufzeit des entwässerten Gebietes wird mit 5, 10 und 20 Minuten angenommen. Untersucht werden die unterschiedlichen Scheitelabflüsse bei einer Betrachtung in 5 und 1 Minuten Intervallen bei verschiedenen Parametern  $n$  (Speicheranzahl der linearen Speicherkaskade).

Die Übertragungsfunktion für  $(n \cdot k) = 10$  min und  $n = 7$  ist als Balkendiagramm für die Betrachtung mit 1 und 5 Minuten Intervallen in Bild 1 gegenübergestellt. Die entsprechenden Darstellungen für  $(n \cdot k) = 5$  und 20 min sind in Anlage 1 und 2 zu finden.

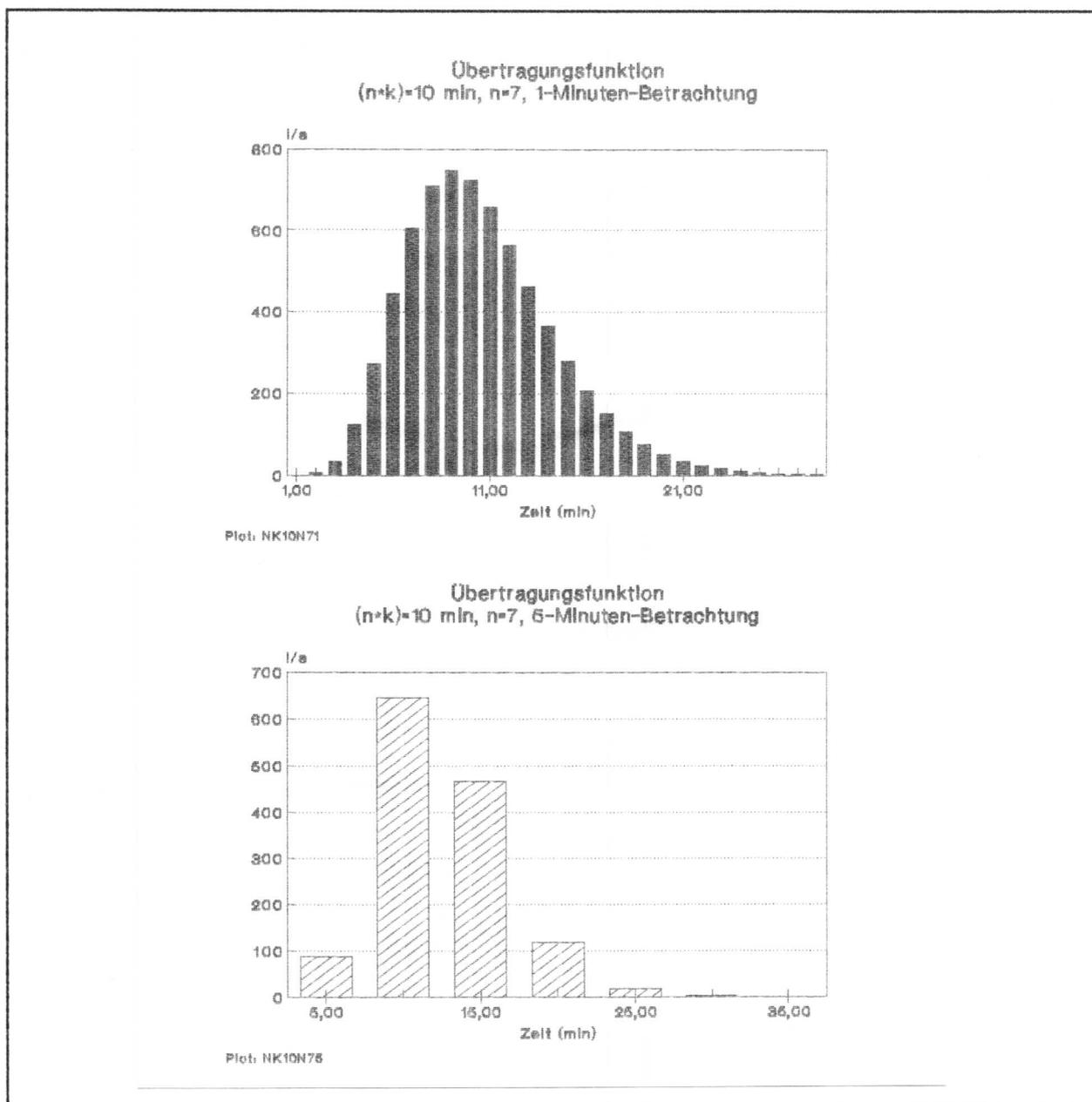


Bild 1

### 3.2) Der Modellregen

Als Modellregen wird ein Niederschlag von 10 mm innerhalb von 5 min angenommen (auf ein Gebiet von 40 ha). Dieser Niederschlag wird bei der 5 Minuten Betrachtung als ein Impuls auf  $t=5\text{min}$  betrachtet. Bei der 1 Minuten Betrachtung als 5 Impulse von 2 mm auf  $t_1...t_5=1...5\text{ min}$ , und, als ungünstigster Fall bei einer 1 Minuten Betrachtung, als 1 Impuls von 10 mm auf  $t=5\text{min}$  angenommen (Bild 2). So lassen sich die Unsicherheiten bei einer 5 Minuten Betrachtung beurteilen, wenn man annimmt daß der Niederschlag innerhalb dieses Zeitraumes kontinuierlich, und wenn man annimmt daß er diskontinuierlich gefallen ist.

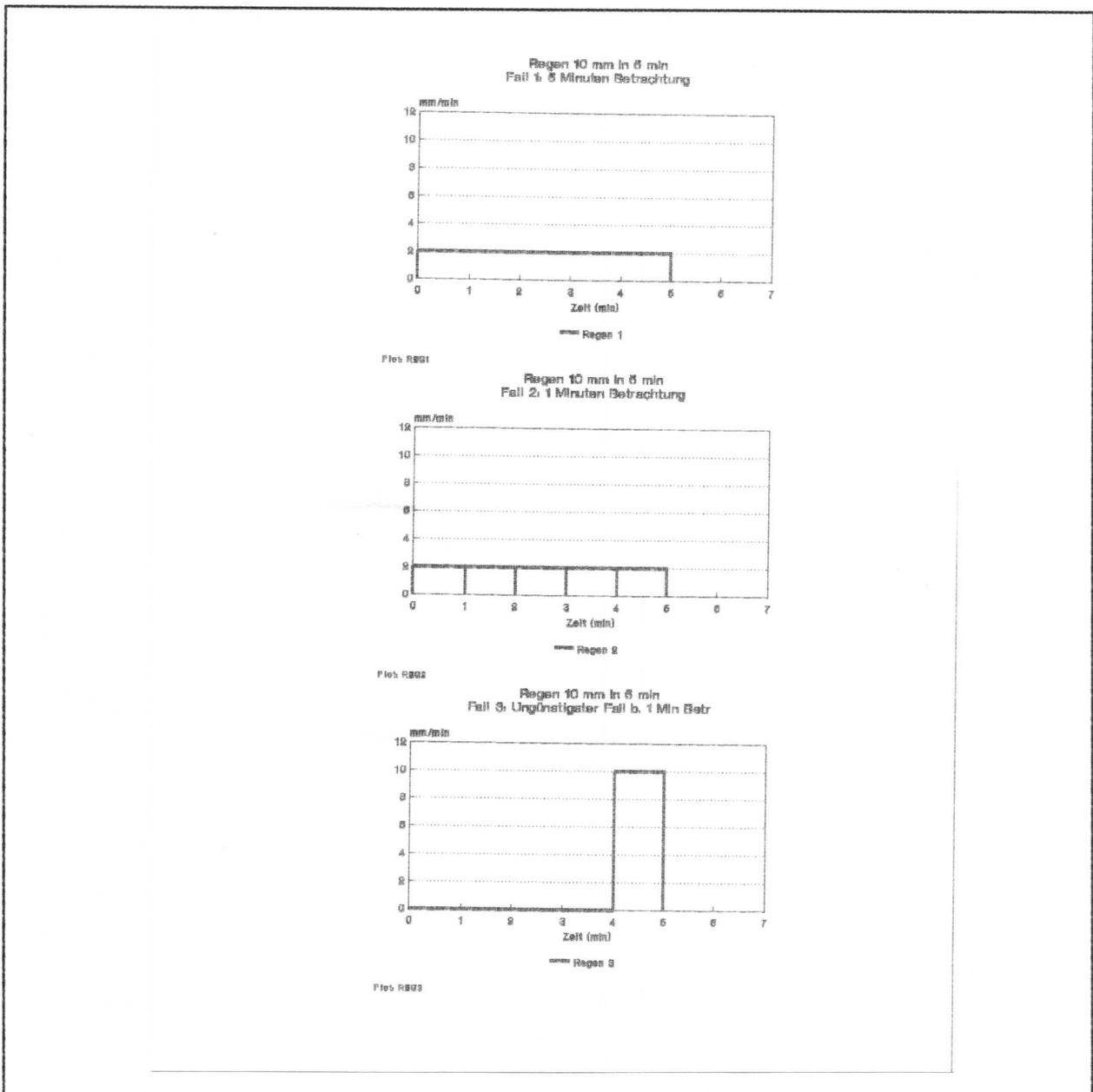


Bild 2

### 3.3) Ergebnisse der Simulation bei $(n \cdot k) = 5 \text{ min}$

Eine Darstellung der unterschiedlichen Abflußwellen bei Variierung der  $n, k$  Parameter (berechnet mit 1 min Intervallen, Bild 3) zeigt, wie sich der Scheitelabfluß vergrößern kann, wenn bei der linearen Speicherkaskade eine hohe Anzahl von Speichern angenommen wird. Bei einer 5 Minuten Betrachtung werden diese Spitzen in ihrer Ausprägung nicht wahrgenommen, und zwar um so weniger, je kürzer der Zeitraum der Abflußspitze ist.

Bild 4 zeigt eine Gegenüberstellung der Abflußwellen mit  $n=3$ , wobei die 5 min Abflußwelle zur besseren Lesbarkeit als Treppenkurve dargestellt ist. Sowohl beim ungünstigsten Fall bei 1 min (Anlage 3), wie auch die Gegenüberstellung von 1 und 5 min Betrachtung bei  $n=7$  (Anlage 4) zeigt noch größere Unterschiede der wahrgenommenen Abflußspitzen.

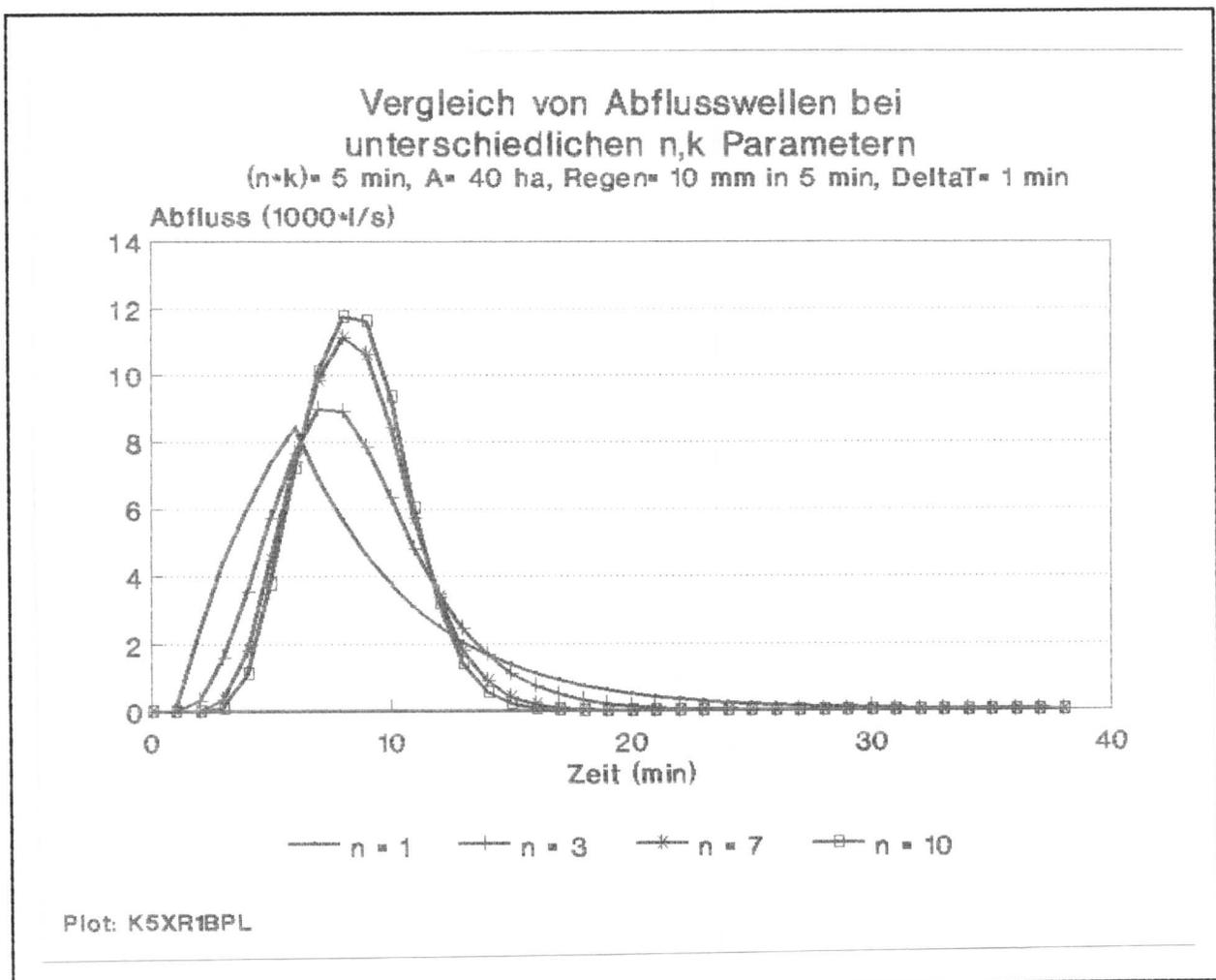


Bild 3

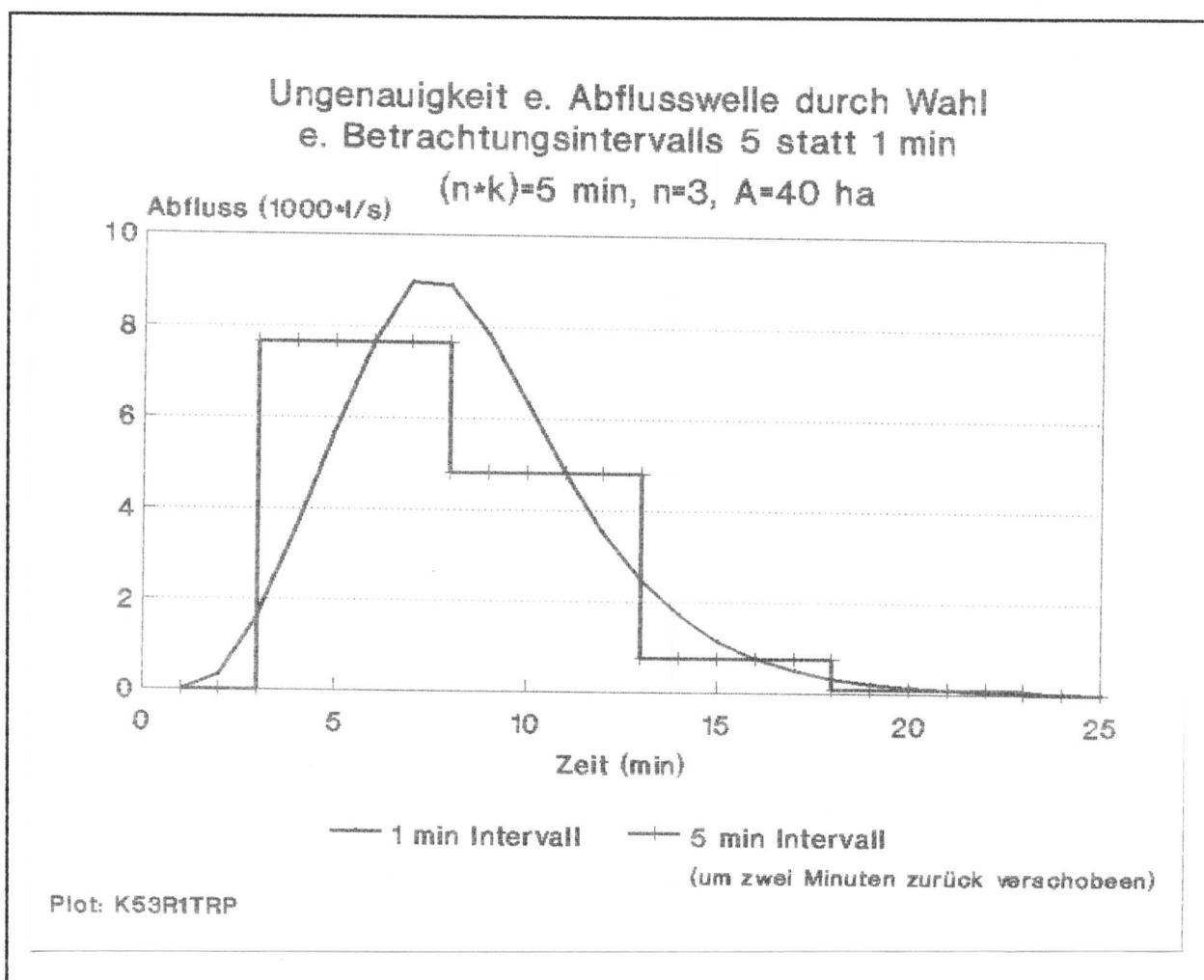


Bild 4

### 3.4) Ergebnisse der Simulation bei (n\*k)=20 min

Bei der Betrachtung mit einer Gesamtschwerpunktlaufzeit von 20 min zeigt sich, dass bei einer weniger ausgeprägten Abflußspitze auch die Unsicherheit der unterschiedlichen Betrachtungsweisen kleiner wird (Bild 5).

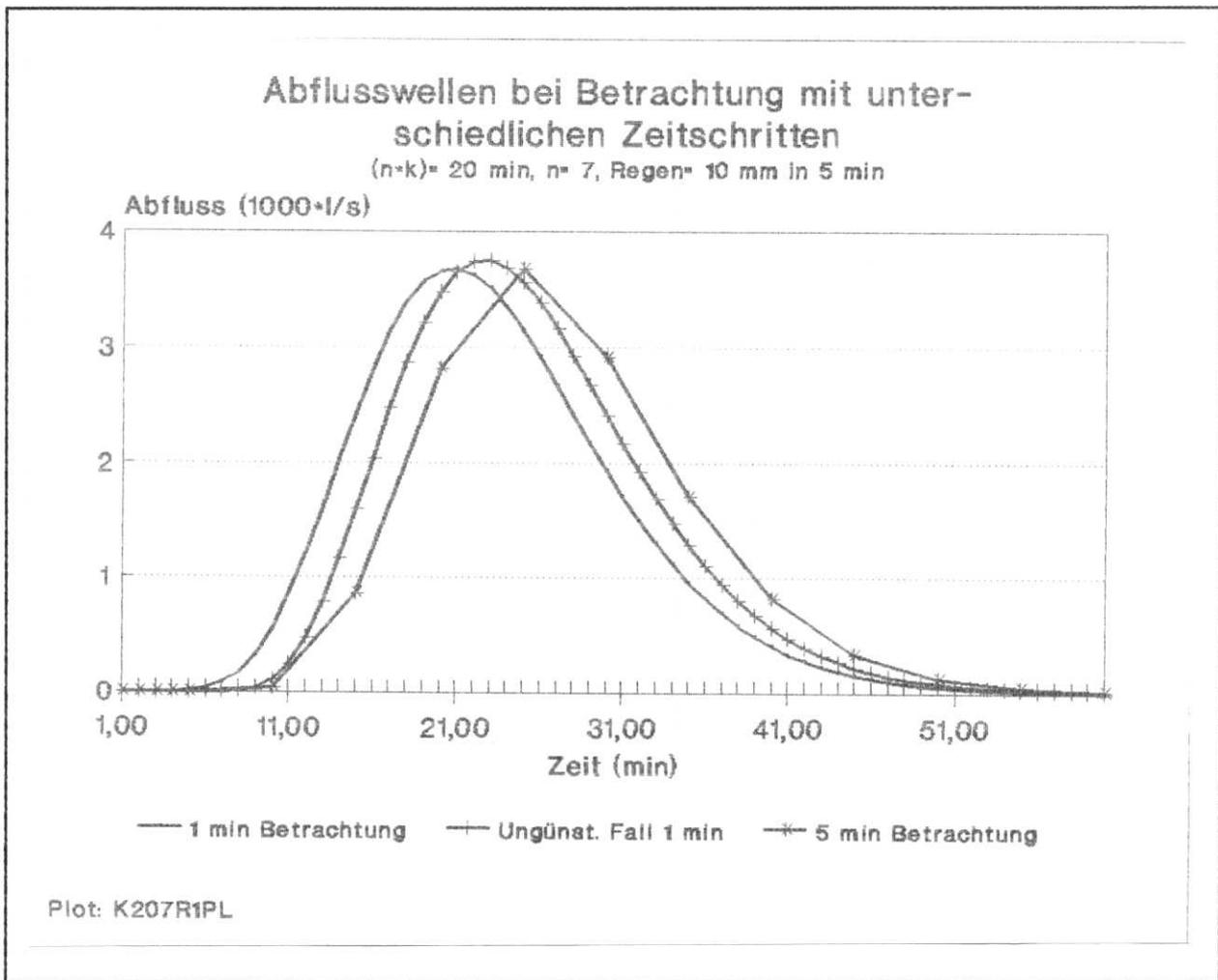


Bild 5

### 3.5) Ergebnisse des theoretischen Beispiels

Die Simulation mit unterschiedlichen Gesamtschwerpunktlaufzeiten sowie unterschiedlichen Parametern für die Speicheranzahl hat gezeigt, daß sich erhebliche Unsicherheiten bei einer Betrachtung von 5 Minuten Intervallen ergeben, wenn die Abflußwelle in einem kurzen Zeitraum eine Spitze entwickelt. Dieses passiert leichter, wenn eine diskontinuierliche Verteilung des Regens innerhalb der 5 Minuten Intervalle angenommen wird. Außerdem sind die Spitzen der Abflußwelle bei Betrachtung mit kleinem ( $n \cdot k$ ) und großem  $n$  ausgeprägter, und entsprechend die Unterschiede von 1 Minuten und 5 Minuten Betrachtung grösser. Bild 6 zeigt die ermittelten Spitzenabflüsse für 1 und 5 Minuten Berechnung bei ( $n \cdot k$ ) = 5 min. In Anlage 5 und 6 sind die entsprechenden Ergebnisse der Simulationen mit ( $n \cdot k$ ) = 10 und 20 min dargestellt.

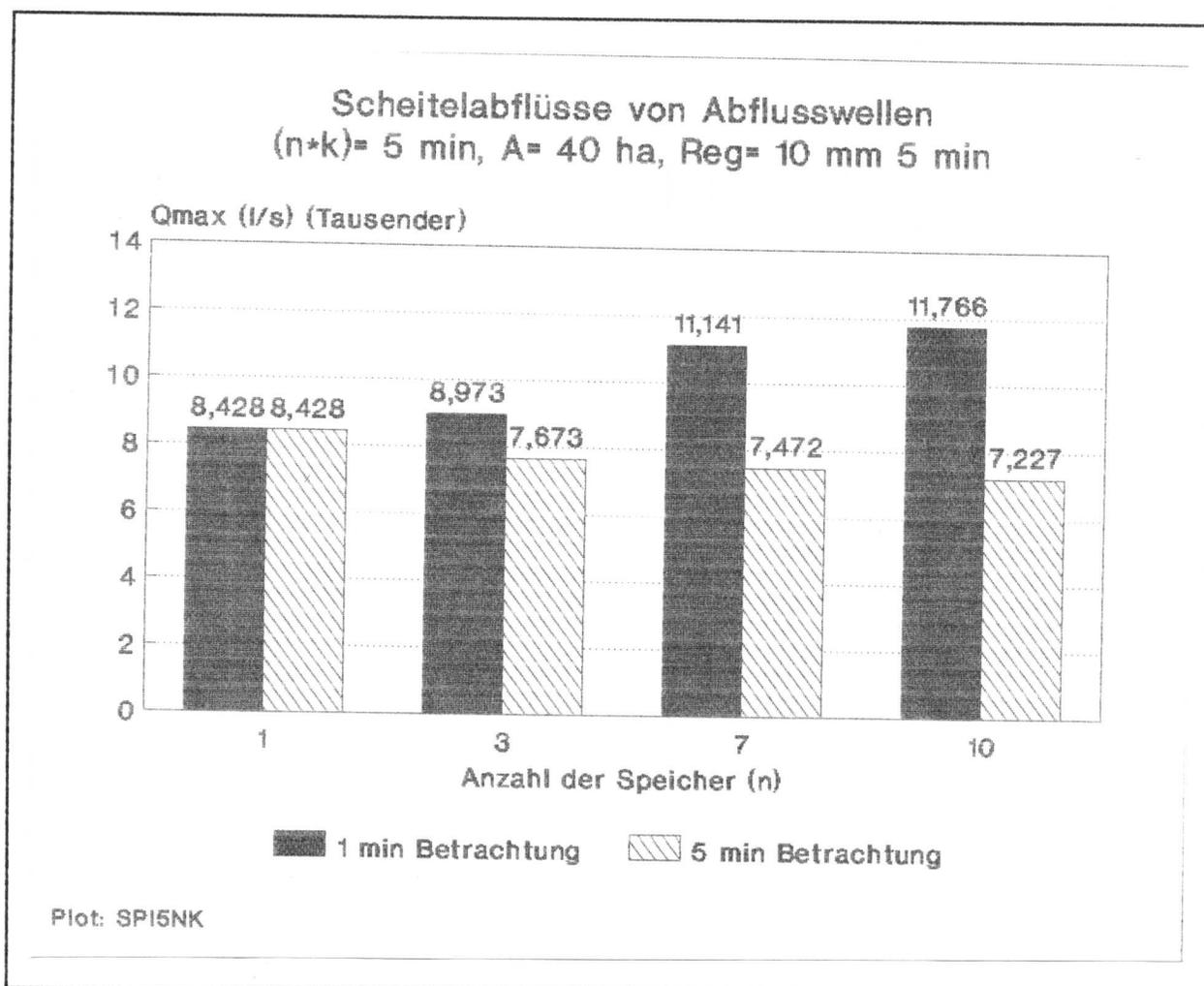


Bild 6

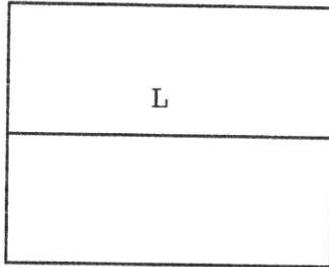
### 3.6) Beispiel Ergebnisse bei anderer Methode

Im Vergleich zu der hier angewendeten Methode, mit fester Schwerpunktlaufzeit des entwässerten Gebietes zu rechnen, besteht auch die Möglichkeit, einen festen Parameter  $k$  (für die Schwerpunktlaufzeit des Einzelspeichers) vorzugeben und den Parameter  $n$  zu variieren. So kommt man zu Ergebnissen, bei denen anzumerken ist, daß sie sich nicht auf das gleiche Gebiet beziehen können da die Gesamtschwerpunktlaufzeit variiert wird. Betrachtet man die unterschiedlichen Abflußwellen, stellt man fest, daß sie bei grösserem  $n$  erwartungsgemäß flacher werden (Anlage 7). Entsprechend verringern sich die Unterschiede der Scheitelabflüsse bei 5 und 1 Minuten Betrachtung (Anlage 8). Auffallend ist jedoch ein Maximum der Unterschiede bei  $n=3$ , das auch bei der Simulation mit  $(n \cdot k)=20$  festzustellen war (Anlage 6).

## 4) Das praktische Beispiel

## 4.1) Zur entwässerten Fläche - Schwerpunktlaufzeiten

Für eine beispielhafte Haltungsfläche (Bild 7) ist im folgenden dargestellt, in welchem Rahmen sich Gesamtschwerpunktlaufzeiten bewegen können.



Haltungsfläche

Bild 7

Schwerpunktlaufzeiten (min) bei quadratischen Haltungsflächen, Entwässerung in der Mitte

(Für die Ermittlung bei durchlässigen Flächen:  
Niederschlagsintensität: 2 mm/min)

Flächengröße:	2 ha	5 ha	10 ha	20 ha	40 ha
Haltungslänge L	141,4 m	223,6 m	316,2 m	447,2 m	632,5 m
Undurchlässig	0,9	1,7	2,3	2,9	3,5
Durchlässig mit Gefälle =					
1/1000	31,1	40,2	48,9	59,7	73,0
1/100	13,8	17,4	20,9	25,2	30,4
3/100	9,7	12,0	14,3	17,0	20,4

Bestimmung für undurchlässige Flächen mit:

$$t_1 = 5 + 0,87 * \ln A_{red} + 6 * (1 - L / l_f) \quad (\text{min})$$

(4.4-51) in Grundl. d. hydrolog. Berechnung II

Bestimmung für durchlässige Flächen mit:

$$t_1 = 2,3 + 0,4 * (l_f^{**0,6}) / ((I_w^{**0,4}) * (J^{**0,4}) * (k_{st}^{**0,6})) \quad (\text{min})$$

(4.4-53) in Grundl. d. hydrolog. Berechnung II

Eine Haltungsfläche von 40 ha kann man als Maximum für eine Kanalnetzsimulation mit Hystem-Extran annehmen. Aus diesem Grund wurde auch für die Untersuchung eines realen Niederschlagsereignisses eine entwässerte Fläche von 40 ha angenommen. Bei den Simulationen wurden Gesamtschwerpunktlaufzeiten von 5 und 10 Minuten gewählt.

#### 4.2) Das Niederschlagsereignis

Zur Untersuchung der Unsicherheit bei einer Betrachtung von Niederschlagsabflußereignissen in Zeitintervallen von 5 Minuten statt 1 Minute an einem natürlichen Regenereignis, wurde eine Niederschlagsmessung per Radar benutzt, deren Daten in 1 Minuten Intervallen vorlagen.

Die Messung dieses Regenereignisses erfolgte in kleinen Flächeneinheiten. Die Daten die sich auf diese Flächeneinheiten bezogen, wurden durch Mittelwertbildung auf grössere Flächeneinheiten bezogen, welche durch 111 Regenschreibernummern gekennzeichnet wurden. Die räumliche Diskontinuität des Regens wird in dieser Untersuchung nicht weiter betrachtet werden. Trotzdem ist eine Auswahl von zu berücksichtigenden Regenschreiberinformationen zu treffen.

Hierzu wurde jeder Regenschreibernummer ein Parameter  $p$ , der die Diskontinuität der Regeninformationen beschreibt, zugeordnet. Die Diskontinuität der Niederschlagsintensitäten  $p$  wird durch eine Durchschnittsbildung der prozentualen Veränderungen je Zeitschritt beschrieben:

$$(\text{Betrag von } (I_2 - I_1) ) / (I_2 + I_1)$$

Außerdem wurde ein zweiter Parameter je Regenschreiber ermittelt, der es ermöglicht einzuschätzen, wie nah die Kontinuität von Niederschlagsinformationen eines Regenschreibers zu jedem Zeitschritt am Mittel liegen (Anlage 9).

Mit Hilfe dieser Parameter wurden vier Regenschreiber ausgewählt:

- Schr. 129 (mit den kontinuierlichsten Regendaten)
- Schr. 115 (mit den diskontinuierlichsten Regendaten)
- Schr. 164 (mit den zu jedem Zeitschritt typischen Regendaten)
- Schr. 2 (mit einer etwa mittleren Kontinuität der Regendaten)

Für diese vier Regenschreiber wurde dann ein zusätzlicher Kontinuitätsparameter ermittelt, der die durchschnittliche prozentuale Veränderung der Niederschlagsintensität, je Zeitschritt an dem Regen gefallen ist, beschreibt. Dieser vierte Parameter wurde außerdem auch für eine, auf 5 Minuten Intervalle aufsummierte Regendatei der vier Schreiber ermittelt.

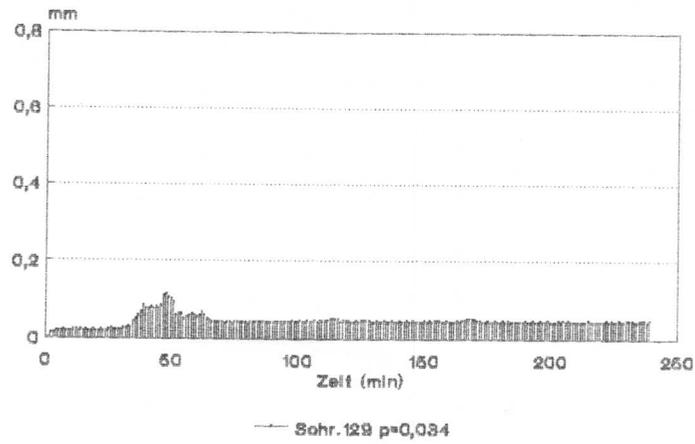
Tabelle der Kontinuitätsparameter:

Regen Schreib. Nummer	Durchschn. Diskont. je Zeits. gesamtes Ereign. p	Durchschn. Abweichung d Diskont. je Zeits. vom Mittel	Durchschn. Diskont. je Zeits. Regen 1 min in Prozent	Durchschn. Diskont. je Zeits. Regen 5 min in Prozent
129	0,034	6,649	3,435	8,260
115	0,548	1,687	66,453	27,607
164	0,081	0,181	34,568	74,640
2	0,141	0,996	36,180	32,811

Die Informationen der Schreiber 129, 115 und 164 werden benutzt werden um Niederschlagsabflußereignisse unter 1 und 5 Minuten Betrachtung zu simulieren. Die Informationen des Schreibers 2 werden als zusätzliches Beispiel dienen. Die Regeninformationen aller betrachteter Schreiber wurden zusätzlich in 5 Minuten Intervallen aufsummiert um eine 5 Minuten Betrachtung durchführen zu können.

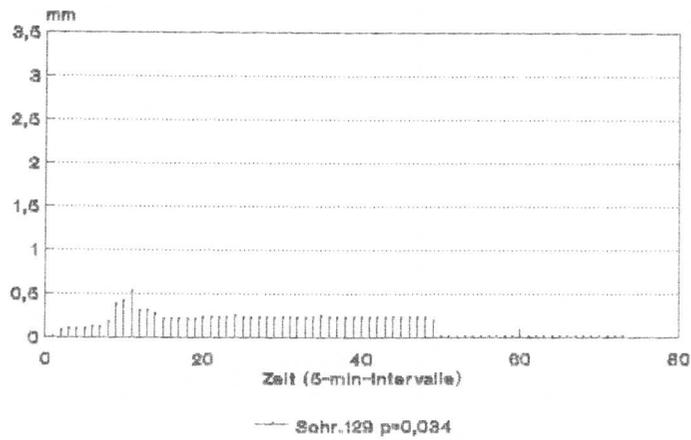
Die Unterschiede der Regeninformationen werden besonders deutlich, wenn man den Schreiber 129 (Bild 7) mit dem Schreiber 115 (Bild 8) vergleicht. Der Regenschreiber 164 (Anlage 10) hat einen recht kleinen Parameter für seine Diskontinuität über die gesamte Ereignisdauer. Man muß jedoch bei der Betrachtung des Schreibers berücksichtigen, daß in der Zeitdauer des Niederschlags an diesem Punkt, eine ganz erhebliche Diskontinuität zu verzeichnen ist. Der Regen an Schreiber 2 zeigt ein ähnliches Muster auf wie an den Schreibern 115 und 164 aber mit verringerter Intensität (Anlage 11).

Naturregen 7.5.1990  
Radarmessung 1 min Intervall



Plot: S129R705

Naturregen 7.5.1990  
Summierung Radarmess in 5 min Interv



Plot: S129R6

Bild 7

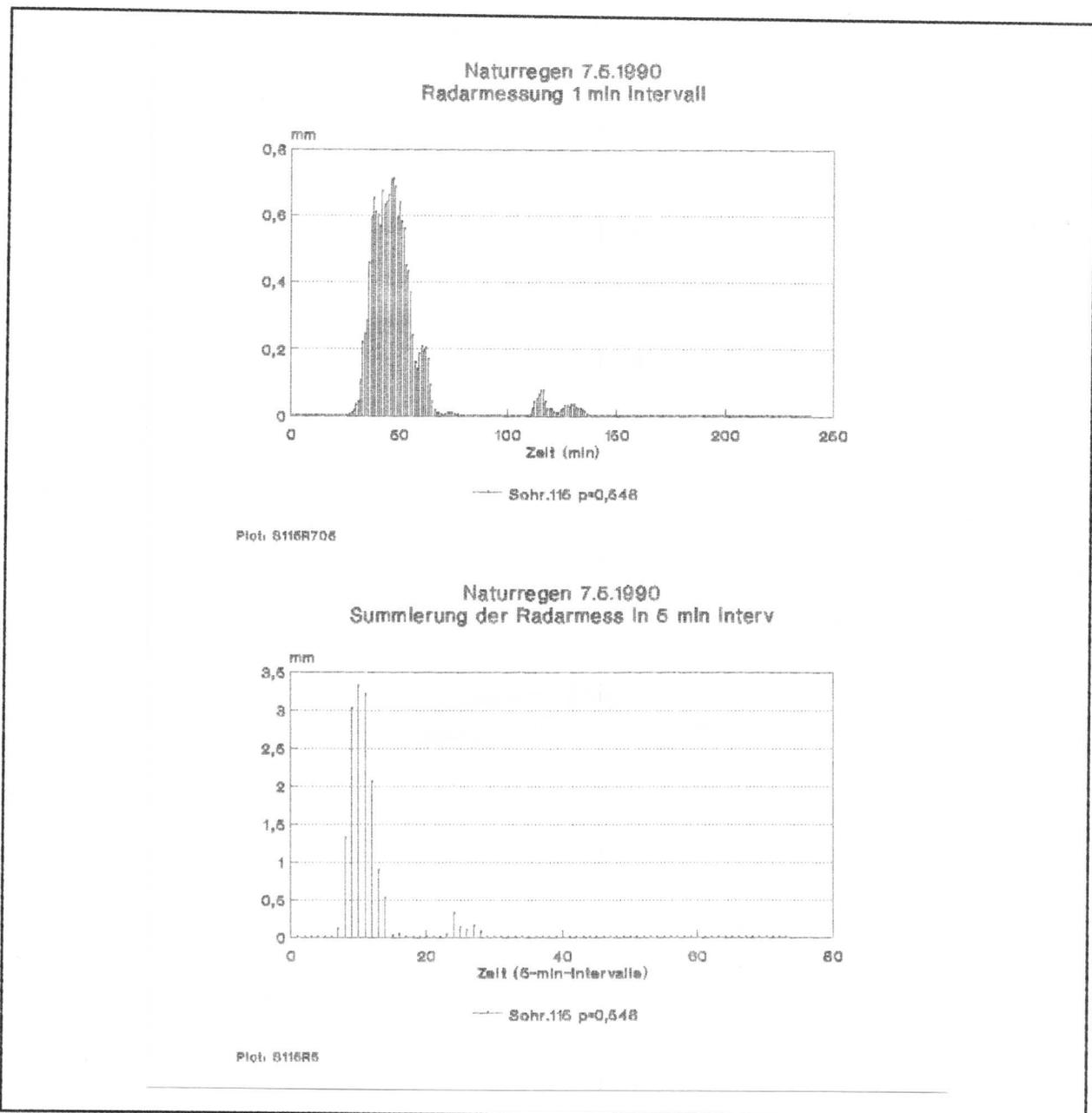


Bild 8

### 4.3) Die Übertragungsfunktionen

Die Übertragungsfunktion für  $(n*k)=5$  und 10 min  $n=3$  (Bild 9).

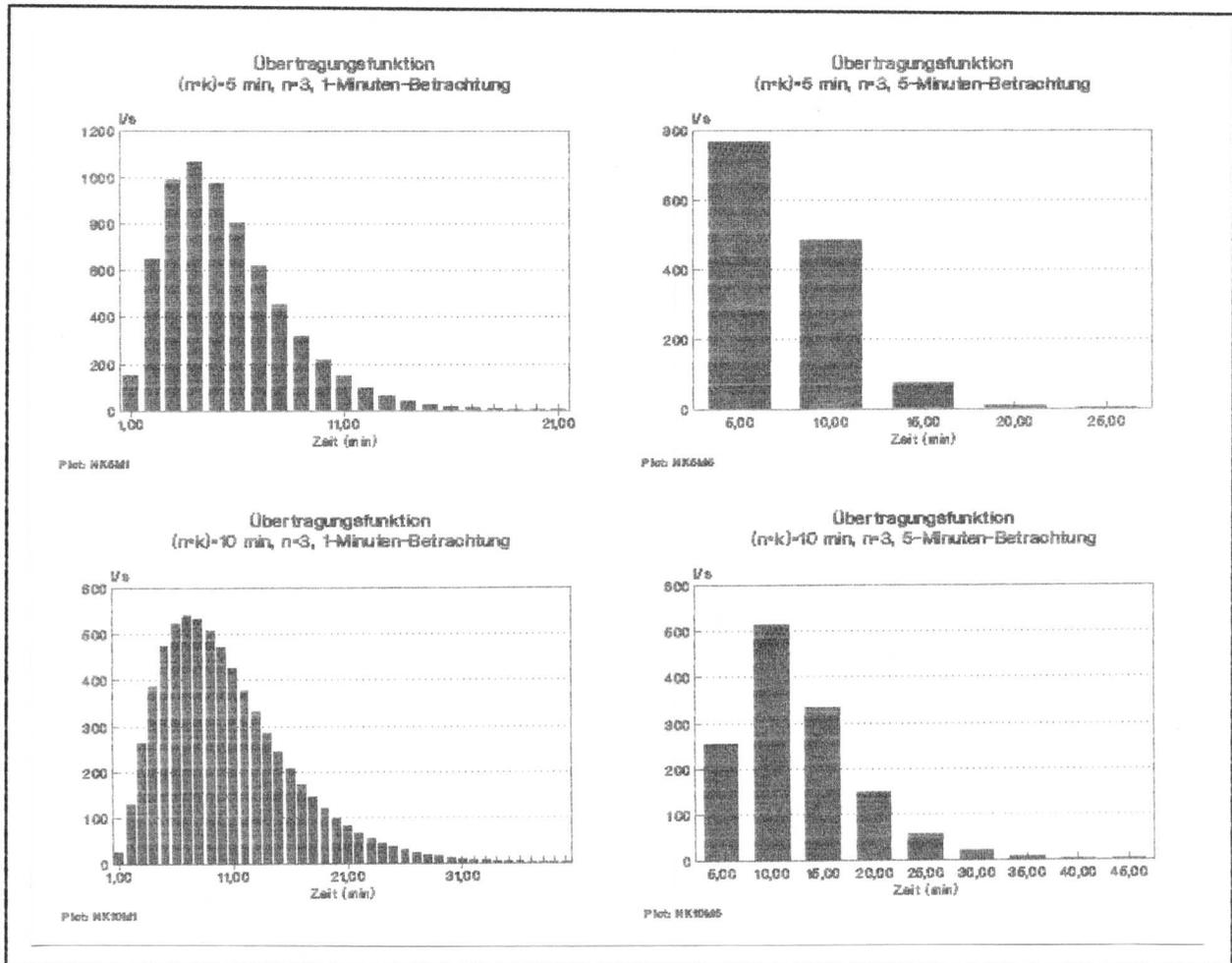


Bild 9

### 4.4) Ergebnisse der Simulation - Abflußwellen Beispiele

Die Abflußwellen der verschiedenen Schreiber bei  $(n*k)=5$  min und  $n=3$  zeigen die unterschiedliche Abflußintensität und auch die unterschiedlichen Abflußschwerpunkte der einzelnen Regenschreiber (Bild 10).

Für  $n=10$  (Anlage 12) zeigt sich, daß die Abflußspitzen schmaler zusammen geschoben werden.

Man sieht dieses Zusammenschieben bei größeren  $n$  auch, wenn man nur einen Schreiber betrachtet mit verschiedenen  $n$  (Anlage 13).

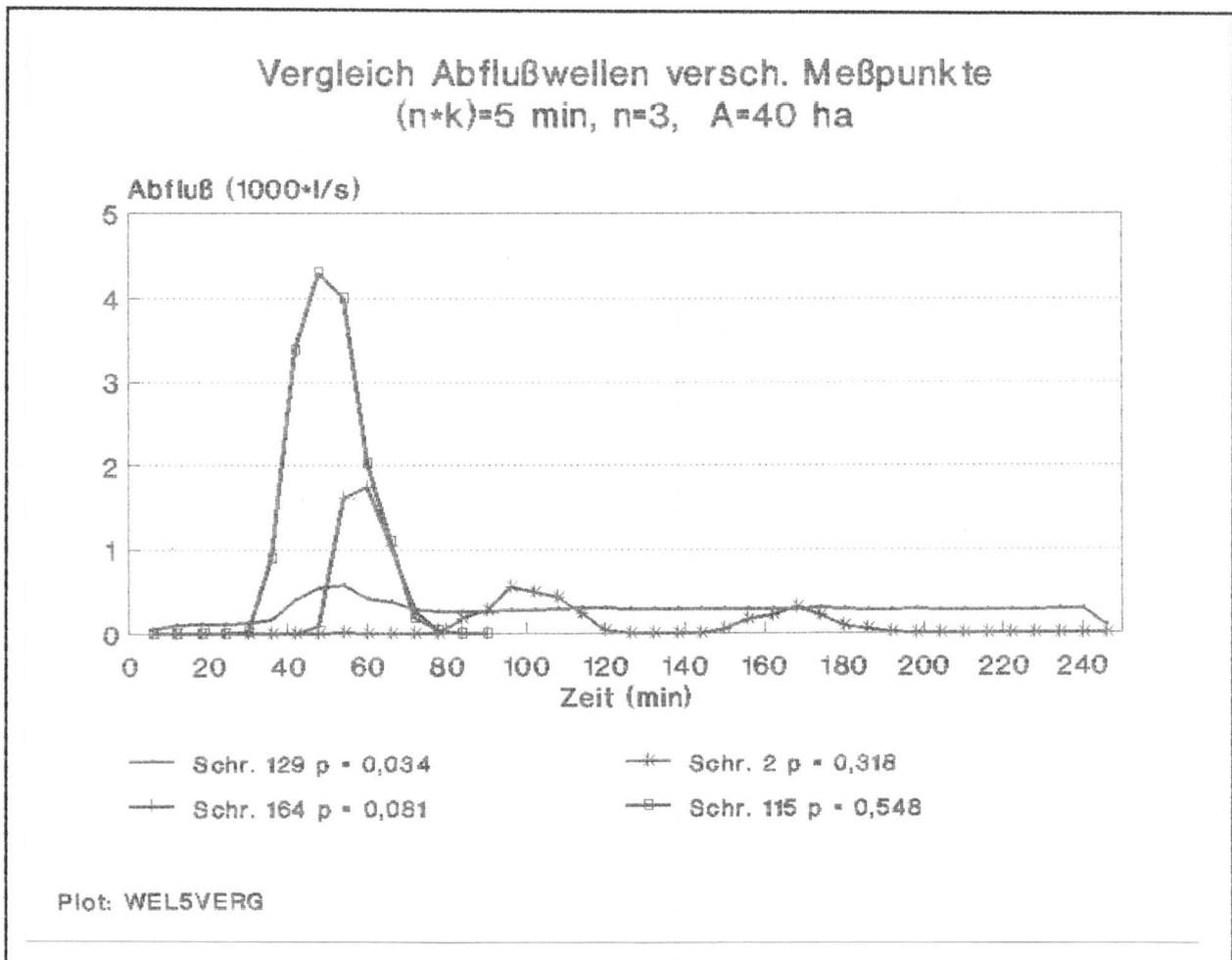


Bild 10

Die Unterschiede beim Scheitelabfluß zwischen der 1 und der 5 Minuten Betrachtung fallen auch bei dem Schreiber mit der hohen Diskontinuität (Schr. 115) prozentual gering aus (Bild 11). Anteilsmäßig ist der Unterschied sogar bei dem Ereignis mit der mittleren Diskontinuität, Schreiber 2, etwas größer (Anlage 14).

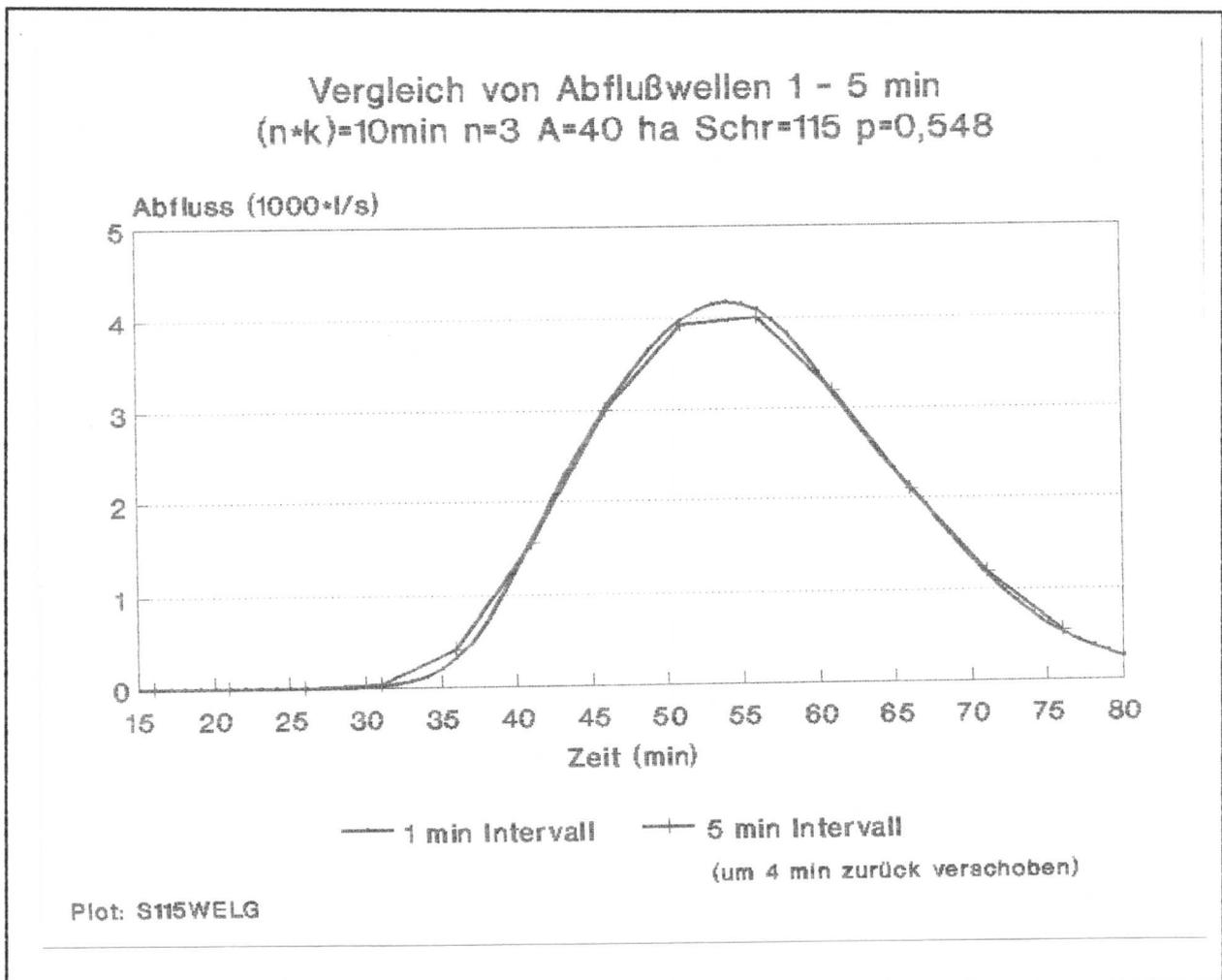


Bild 11

#### 4.5) Ergebnisse der Simulation mit $(n \cdot k) = 10 \text{ min}$

Wie Bild 12 zeigt, sind die Unterschiede der Scheitelabflüsse bei 1 und 5 Minuten Betrachtungen mit  $(n \cdot k) = 10 \text{ min}$  selbst beim Schreiber 164, der zwar insgesamt eine recht hohe Kontinuität hat, aber im Zeitraum des tatsächlichen Niederschlags nahe an einem Modellregen liegt, recht gering. Die Ergebnisse der anderen Schreiber liegen noch darunter (Schreiber 129 Anlage 5, Schreiber 115 Anlage 16).

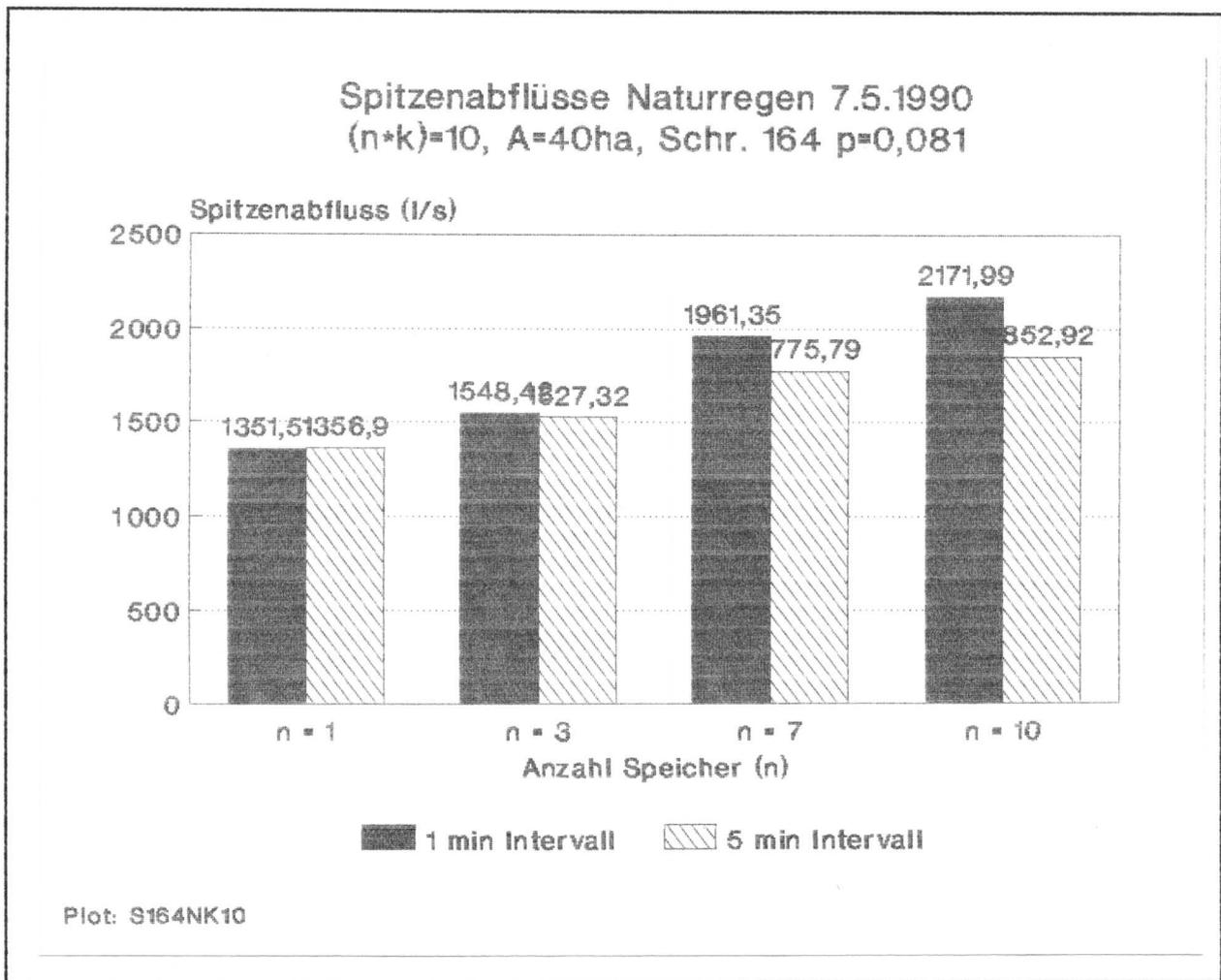


Bild 12

#### 4.6) Ergebnisse der Simulation mit (n\*k)=5 min

Bei der Untersuchung mit (n\*k)=5 min, wurden generell größere Unterschiede zwischen 1 und 5 Minuten Betrachtungen festgestellt. Das dürfte bei der relativ kurzen Schwerpunktlaufzeit ein Ergebnis der steilen Abflußspitze sein, insbesondere bei großen Parametern n. Bild 13 zeigt die Scheitelabflüsse für den Schreiber 164.

Im Gegensatz zu diesem Regenschreiber weisen die anderen Schreiber nur sehr viel geringere Vergrößerungen der Differenzen bei den Scheitelabflüssen auf. Schreiber 129 liegt auch bei n=10 noch immer unter 15 Prozent Unterschied (Anlage 17). Und bei Schreiber 115, mit seiner großen Diskontinuität über die gesamte Ereignislänge, aber mit relativ kontinuierlichem Verhalten im Schwerpunktbereich des Niederschlags, liegen die Unterschiede auch bei (n\*k)=5 min und n=10 noch unter 5 Prozent (Anlage 18).

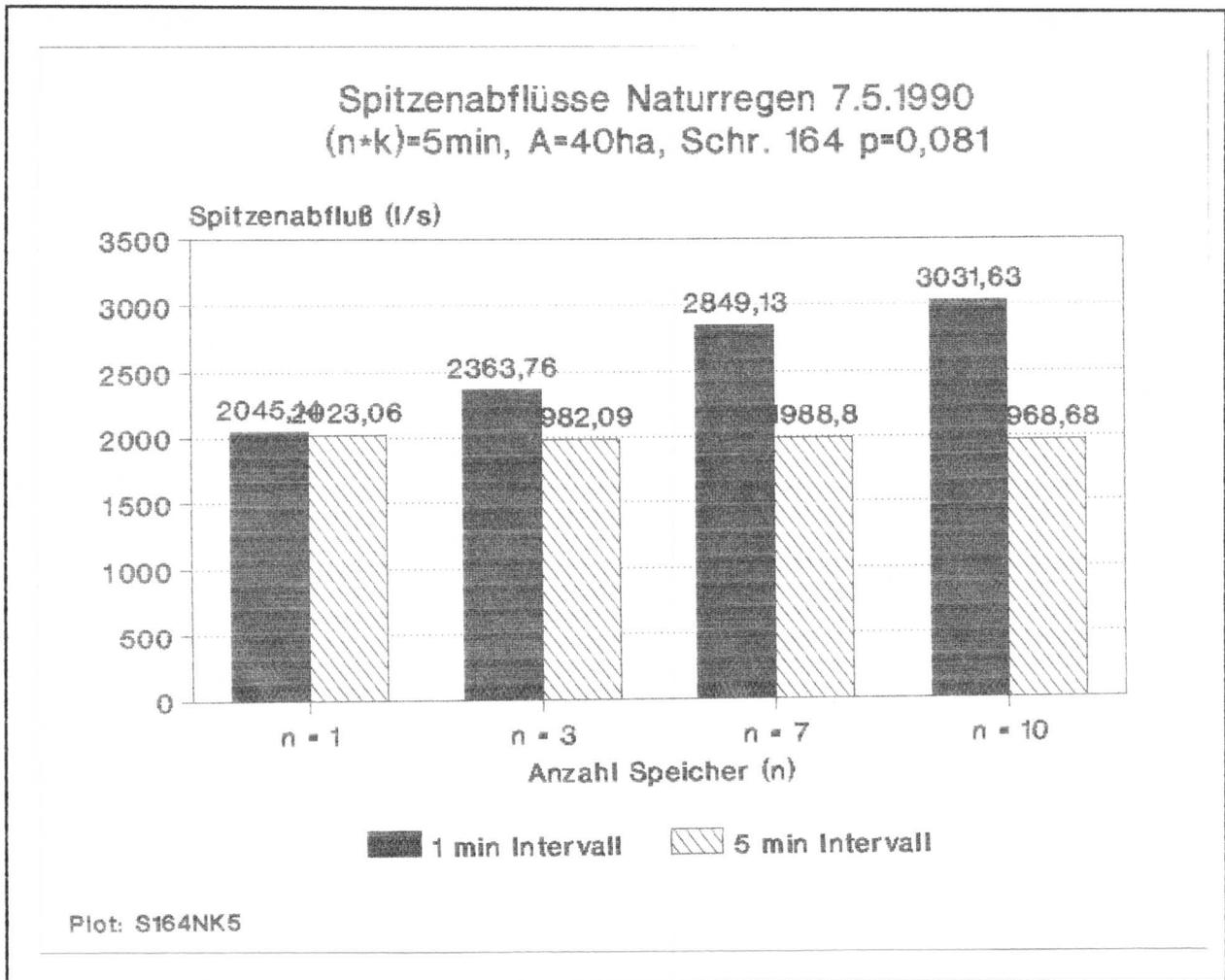


Bild 13

Die Gegenüberstellung der Differenzen der Scheitelabflüsse bei 1 und 5 Minuten Betrachtung der einzelnen Schreiber zeigt die besonders großen Unterschiede bei Schreiber 164 insbesondere bei (n\*k)=5 min und n=10 (Bild 14).

Ein ähnliches Bild zeigt sich bei (n\*k)=10 min, wobei dort der Schreiber 115 bei n=3 einen maximalen Unterschied aufweist und der Schreiber 164 weniger starke Unterschiede zeigt (Anlage 19).

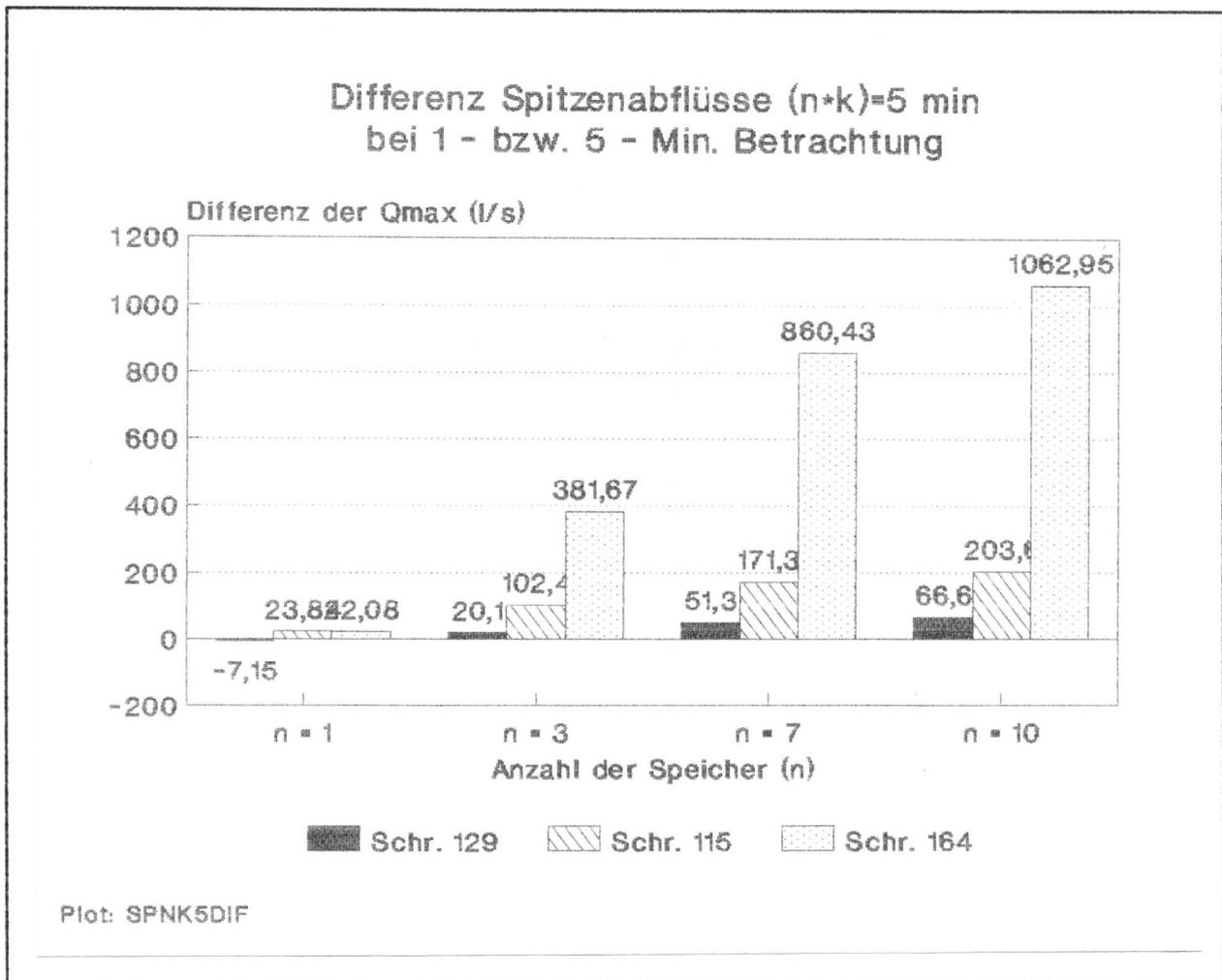


Bild 14

#### 4.7) Ergebnisse der Simulation im Vergleich (n\*k)=5 und 10 min

Der Vergleich der Spitzenabflüsse für (n\*k)=5 und 10 min und 1 bzw. 5 Minuten Betrachtung für Schreiber 129 zeigt, daß sich bedeutendere Unterschiede nur bei einer Speicheranzahl von 10 mit einer Einzellaufzeit von 0,5 min bemerkbar machen (Bild 15).

Bei der Vorgabe dieser Parameter ist bei Schreiber 164 bereits ein sehr großer Unterschied festzustellen. Im Bereich der längeren Laufzeiten jedoch sind auch bei Schreiber 164 die Unterschiede recht gering (Anlage 20).

Anteilmäßig geringe Unterschiede bei 1 und 5 Minuten Betrachtungen sind auch bei Schreiber 115 festzustellen (Anlage 21).

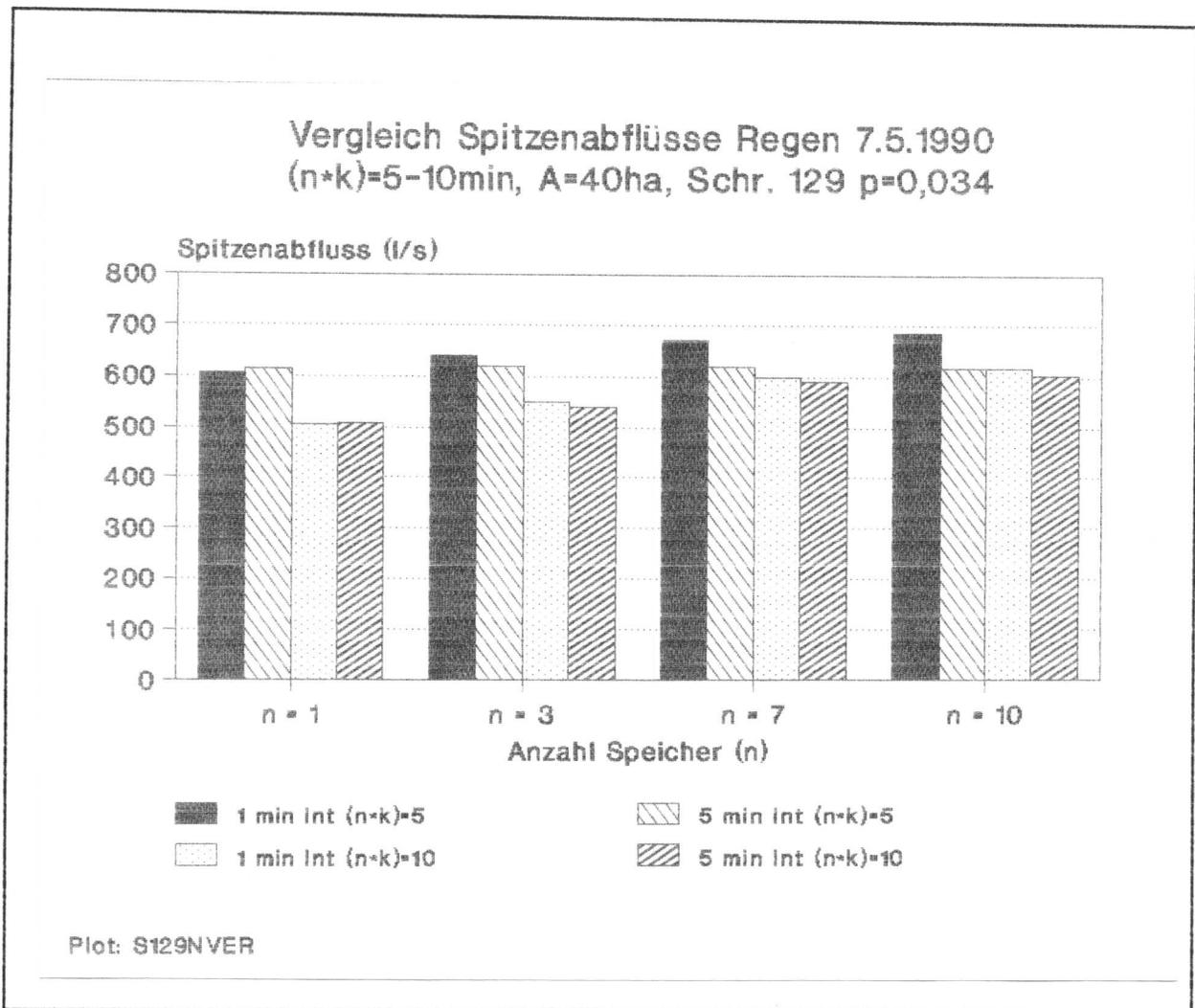


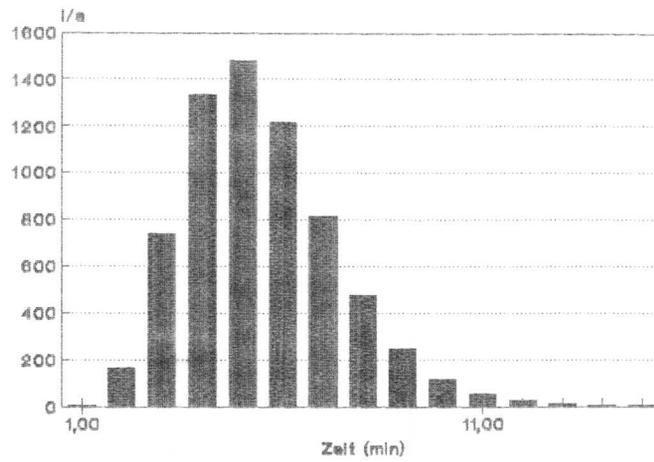
Bild 15

### 5) Schlußfolgerung

Die Unsicherheit bei Verwendung einer zeitlichen Abstufung von 5 Minuten kann erhebliche Unsicherheit bei der Einschätzung von Spitzenabflüssen mit sich bringen, wenn die Ereignisdauer sehr kurz ist, die Niederschlagsintensität sehr diskontinuierlich ist und die entwässernde Fläche zu einem schnellen Abfluß führt. In allen anderen Fällen, bei der Untersuchung mit natürlichen und realistischen Niederschlags- und Gebietsgrößen, liegt die Unsicherheit in einem Bereich bis etwa 15 Prozent, meist jedoch weit darunter.

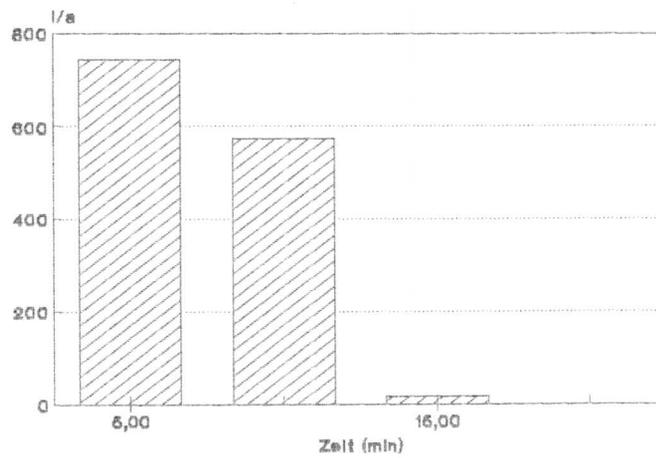
Anlage 1 Theoretisches Beisp. Übertragungsfunktion  $(n \cdot k) = 5$

Übertragungsfunktion  
 $(n \cdot k) = 5$  min,  $n = 7$ , 1-Minuten-Betrachtung



Plot: NK6N71

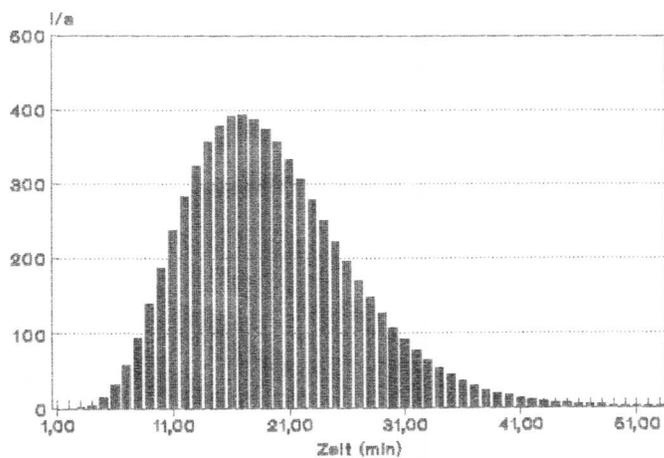
Übertragungsfunktion  
 $(n \cdot k) = 5$  min,  $n = 7$ , 5-Minuten-Betrachtung



Plot: NK6N76

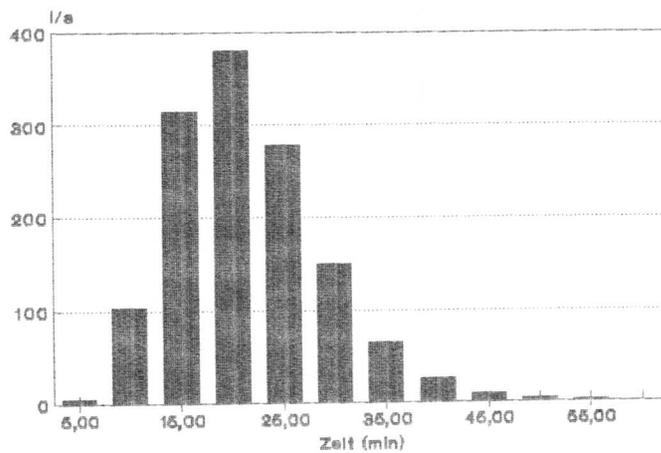
Anlage 2 Theoretisches Beisp. Übertragungsfunktion  $(n \cdot k) = 20$

Übertragungsfunktion  
 $(n \cdot k) = 20$  min,  $n = 7$ , 1-Minuten-Betrachtung



Plot: NK20N71

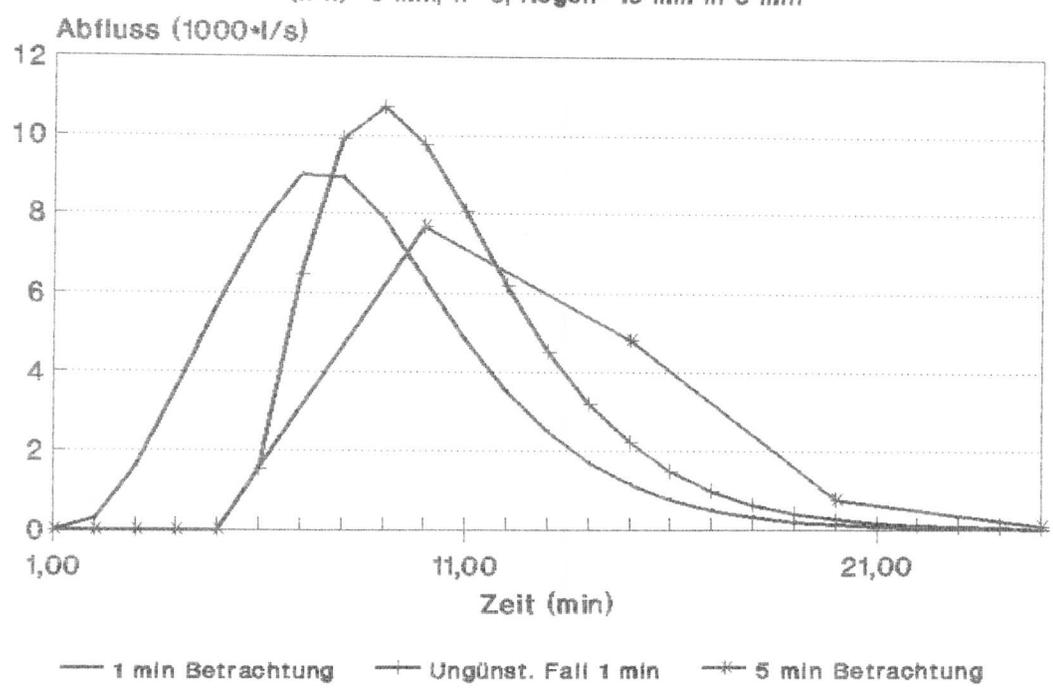
Übertragungsfunktion  
 $(n \cdot k) = 20$  min,  $n = 7$ , 5-Minuten-Betrachtung



Plot: NK20N78

Anlage 3 Theoretisches Beisp. Abflußwellen 1-5 min ( $n \cdot k = 5$ )

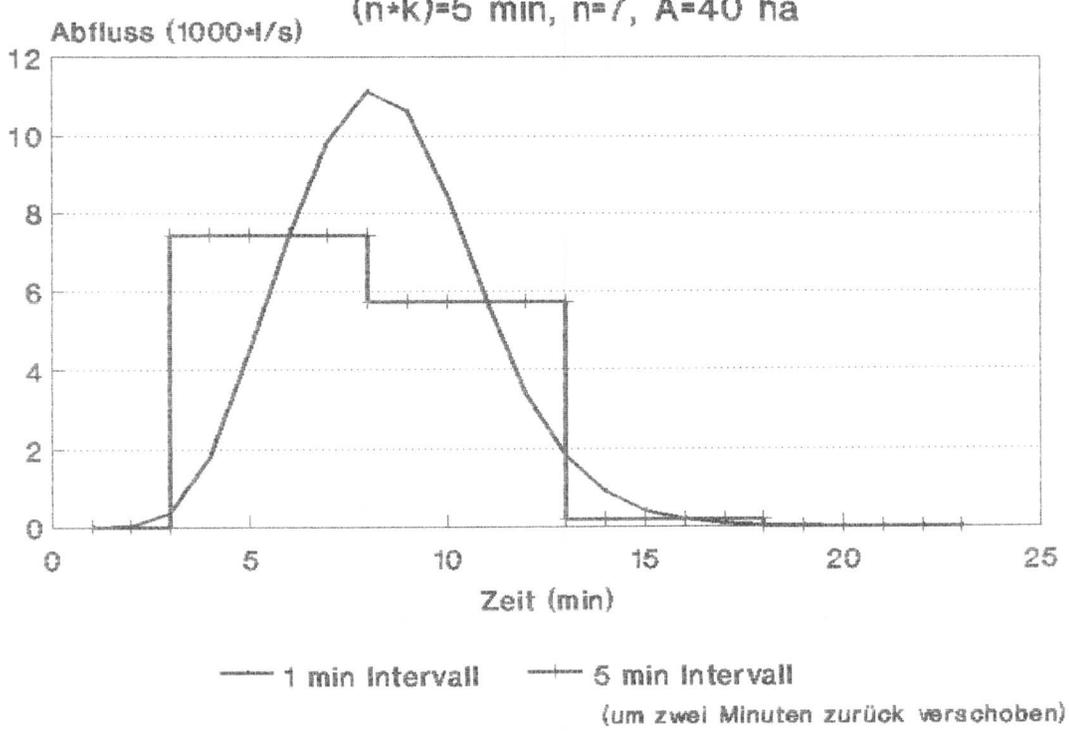
Abflusswellen bei Betrachtung mit unterschiedlichen Zeitschritten  
 ( $n \cdot k = 5$  min,  $n = 3$ , Regen = 10 mm in 5 min)



Plot: K53R1PL

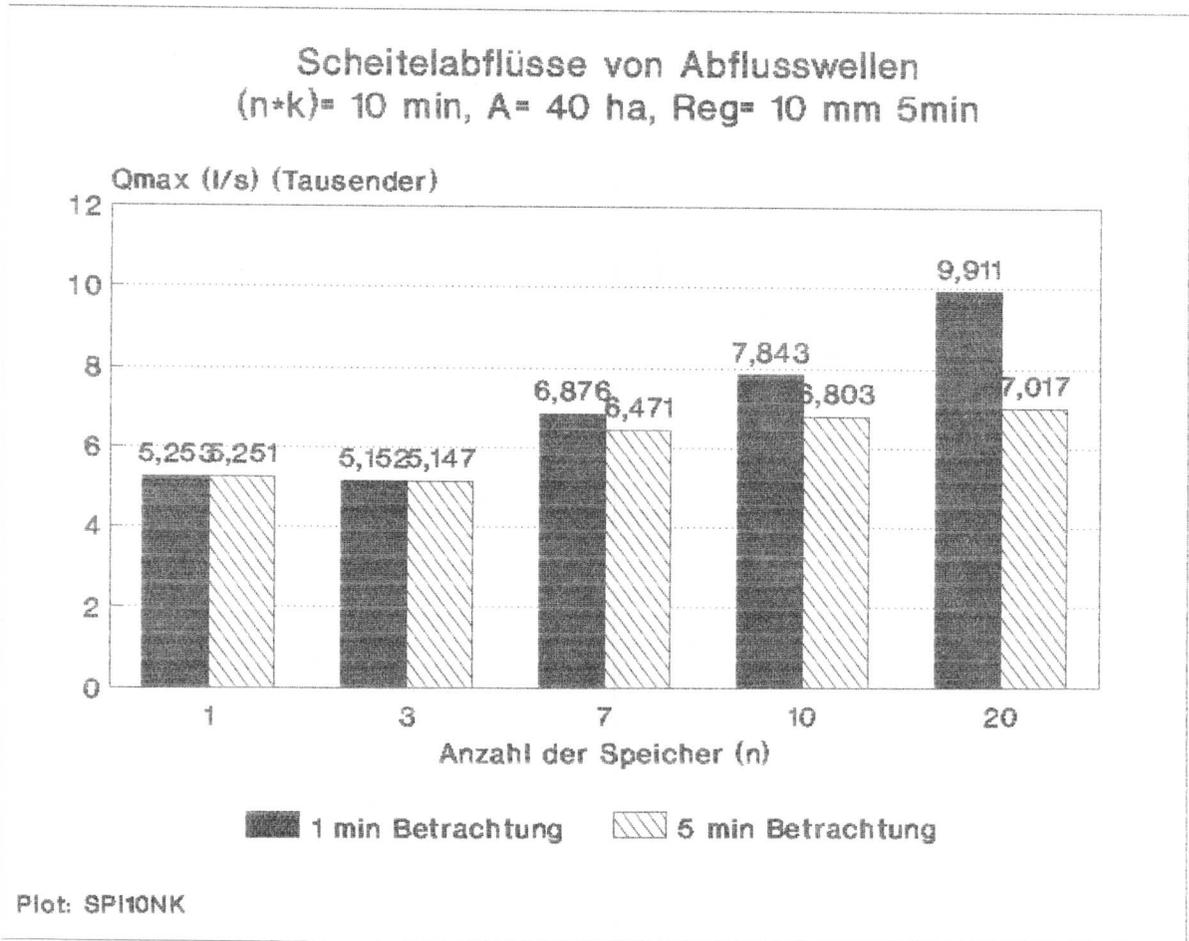
Anlage 4 Theoretisches Beisp. Abflußwellen 1-5 min ( $n \cdot k = 5$ )

Ungenauigkeit e. Abflusswelle durch Wahl e. Betrachtungsintervalls 5 statt 1 min  
 ( $n \cdot k = 5$  min,  $n = 7$ ,  $A = 40$  ha)

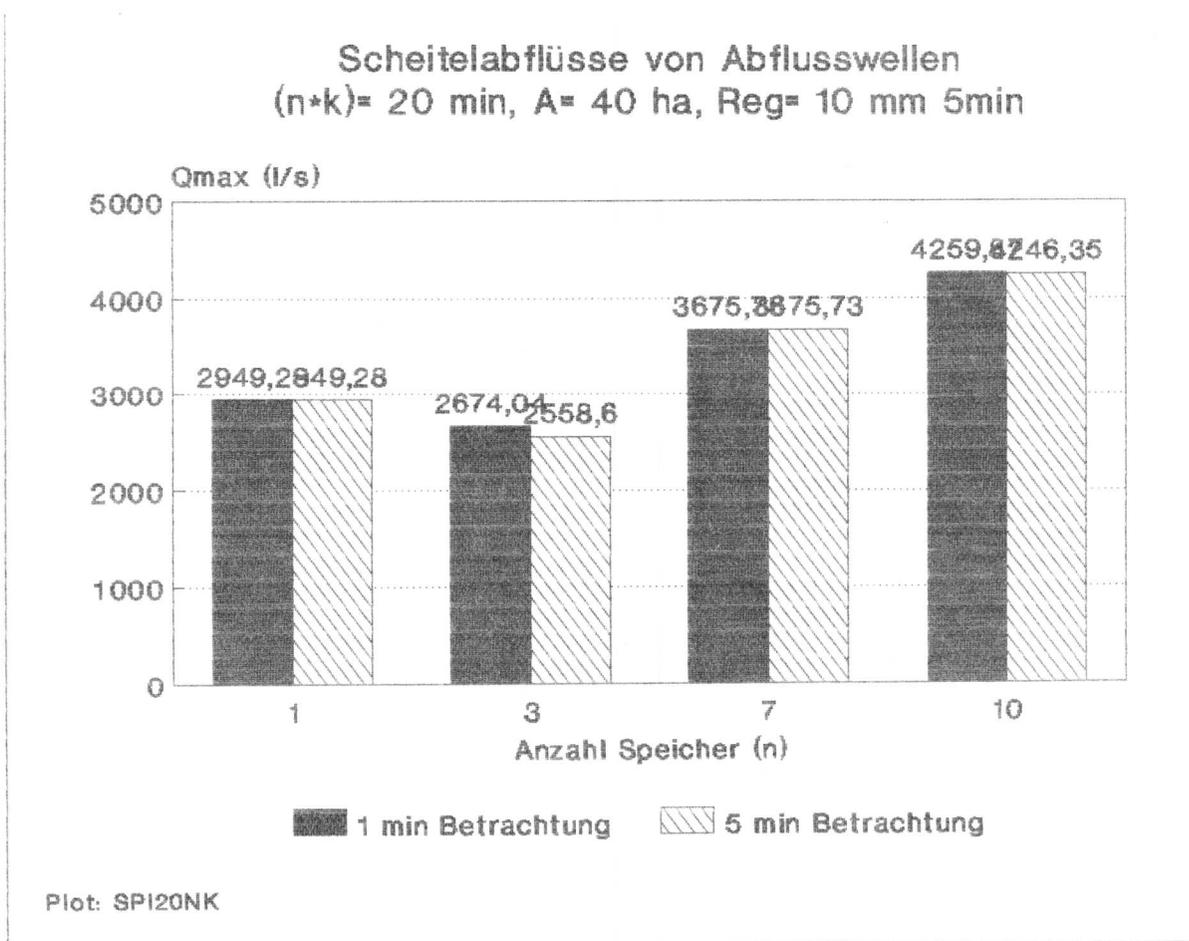


Plot: K57R1TRP

Anlage 5 Theoretisches Beisp. Scheitelabflüsse 1-5 min ( $n \cdot k$ )=10

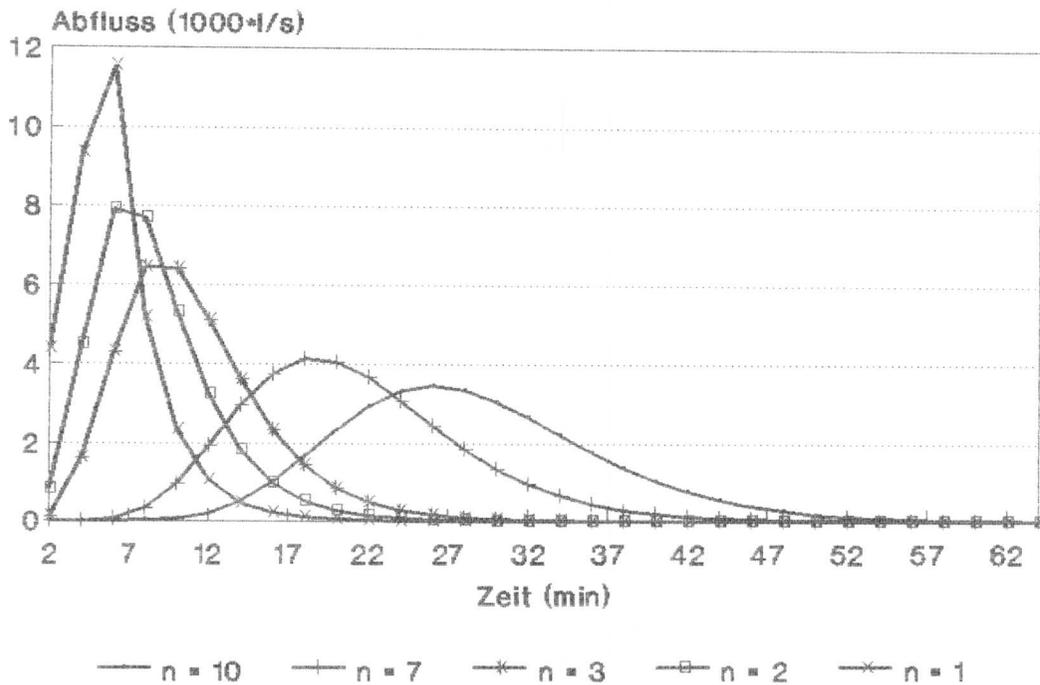


Anlage 6 Theoretisches Beisp. Scheitelabflüsse 1-5 min ( $n \cdot k$ )=20



Anlage 7 Theoretisches Beisp. Abflußwellen  $k=2,5$  min

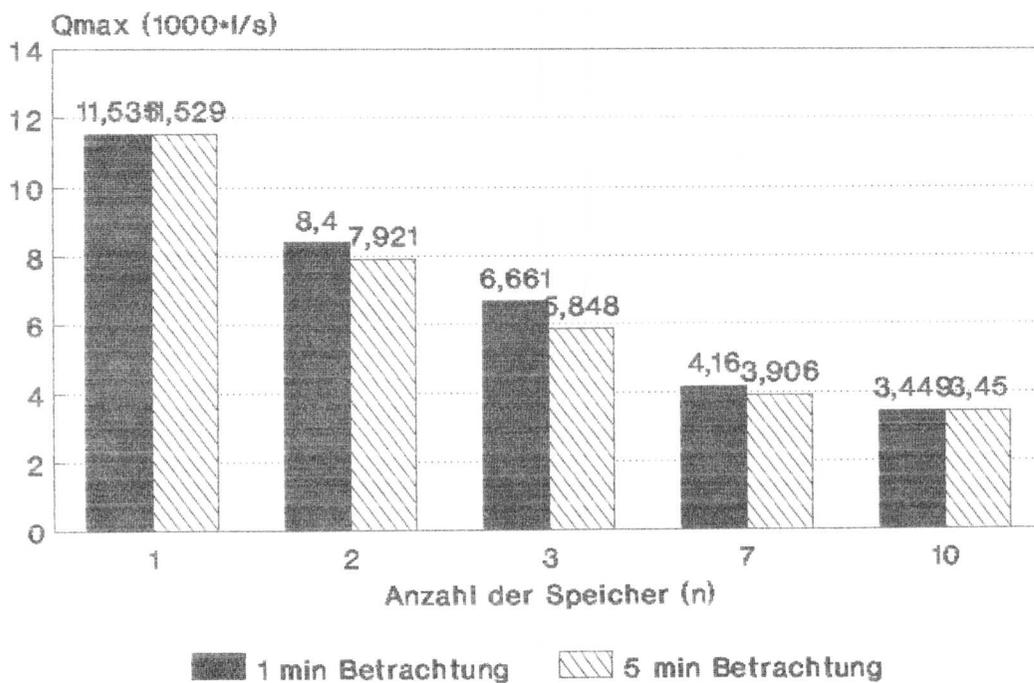
Abflusswellen bei unterschiedlicher Anzahl  $n$ ,  $A=40$  ha,  $k=2,5$  min



Plot: K25NX1BP

Anlage 8 Theoretisches Beisp. Scheitelabflüsse 1-5 min  $k=2,5$

Scheitelabflüsse von Abflußwellen  
 $k=2,5$  min,  $A=40$  ha, Reg= 10 mm 5 min



Plot: SPI25K

Anlage 9 Praktisches Beisp. Parameterliste der Regenschreiber

\*\*\*\*\*

Liste der Regenschreiber in der Datei : r070590.reg  
 und der Parameter (aus der Summe der Einzel-  
 unterschiede je Zeitschritt - nach der Formel  
 (Betr. v.  $I_2 - I_1$ ) /  $(I_2 + I_1)$  - / Anz. d. Zeitschr.  
 und eines Parameters zur Einordnung der Kon-  
 tinuitaet eines einzelnen Schreibers in das  
 gesamte Regenereignis nach der Formel  
 (Summe (Betr. v. Para2(Mittel aller Schr. e. Zeits.)  
 -Para)/Para / Anzahl der Zeitschr..

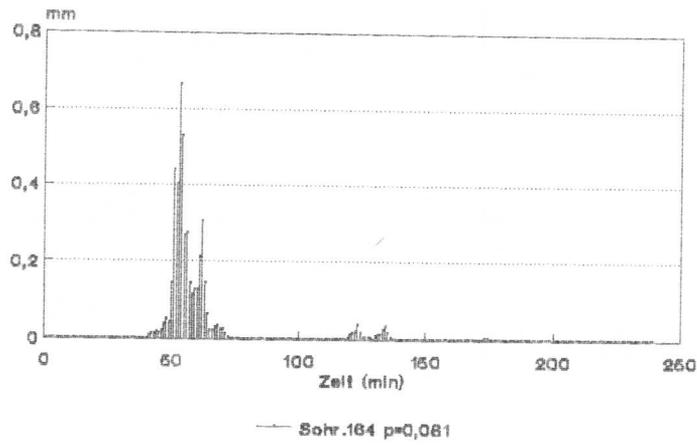
\*\*\*\*\*

Regenschr. :	1.	.14087	Param.	1.05701	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	2.	.31790	Param.	.99645	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	3.	.30191	Param.	.74655	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	4.	.25122	Param.	.82714	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	5.	.19189	Param.	.65937	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	6.	.37979	Param.	.88111	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	7.	.18639	Param.	.90543	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	8.	.19278	Param.	.76638	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	9.	.26241	Param.	.97185	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	10.	.17501	Param.	.53432	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	11.	.11583	Param.	.69184	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	12.	.12013	Param.	1.16568	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	13.	.10441	Param.	.61196	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	14.	.08610	Param.	.79250	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	15.	.20535	Param.	.58714	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	16.	.08147	Param.	.34158	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	17.	.09999	Param.	.40852	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	18.	.11054	Param.	1.04025	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	19.	.20083	Param.	.66927	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	20.	.27898	Param.	.74120	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	21.	.22093	Param.	.49309	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	22.	.08703	Param.	1.27829	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	23.	.12368	Param.	.87155	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	24.	.23810	Param.	.79586	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	25.	.13828	Param.	.73583	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	26.	.10293	Param.	.31728	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	27.	.33088	Param.	.84753	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	29.	.10951	Param.	.46788	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	30.	.35440	Param.	.62341	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	31.	.31385	Param.	.55634	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	32.	.08103	Param.	.34294	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	33.	.10571	Param.	.82361	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	34.	.09854	Param.	.77173	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	35.	.28893	Param.	.52097	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	36.	.24389	Param.	.73090	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	37.	.12457	Param.	.39320	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	38.	.31975	Param.	.53447	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	39.	.06977	Param.	.35086	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	40.	.10099	Param.	1.12494	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	41.	.25256	Param.	.60992	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	42.	.21282	Param.	.53597	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	43.	.19278	Param.	.32828	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :	44.	.24911	Param.	.47263	Param zu Gesamtereign

Regenschr. : 45.	.25143	Param.	.49181	Param zu Gesamtereign
Regenschr. : 46.	.08384	Param.	1.35078	Param zu Gesamtereign
Regenschr. : 47.	.08026	Param.	1.46692	Param zu Gesamtereign
Regenschr. : 48.	.17452	Param.	.47095	Param zu Gesamtereign
Regenschr. : 49.	.10267	Param.	.68195	Param zu Gesamtereign
Regenschr. : 50.	.15562	Param.	.74919	Param zu Gesamtereign
Regenschr. : 51.	.05310	Param.	2.61492	Param zu Gesamtereign
Regenschr. : 52.	.05995	Param.	2.88294	Param zu Gesamtereign
Regenschr. : 53.	.39002	Param.	1.44249	Param zu Gesamtereign
Regenschr. : 54.	.14771	Param.	.81781	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :101.	.05324	Param.	1.79255	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :102.	.15761	Param.	.45612	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :103.	.22889	Param.	.67977	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :104.	.10268	Param.	.37822	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :105.	.09633	Param.	.18820	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :106.	.06295	Param.	1.32231	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :107.	.09716	Param.	.81648	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :108.	.09100	Param.	.39581	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :109.	.29677	Param.	.57606	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :110.	.54006	Param.	.80285	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :111.	.27089	Param.	.83819	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :112.	.10751	Param.	.34118	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :114.	.11025	Param.	1.00360	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :115.	.54775	Param.	1.68743	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :116.	.26227	Param.	.72121	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :117.	.09937	Param.	1.08551	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :119.	.10649	Param.	1.05655	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :120.	.25765	Param.	.53861	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :121.	.38526	Param.	.64007	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :122.	.17157	Param.	1.11645	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :123.	.34224	Param.	.74564	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :124.	.07373	Param.	1.00293	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :125.	.05965	Param.	.23815	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :126.	.15814	Param.	.55881	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :128.	.04155	Param.	3.19344	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :129.	.03449	Param.	6.64932	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :130.	.04450	Param.	2.80506	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :131.	.06001	Param.	1.68481	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :132.	.04024	Param.	4.70549	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :133.	.04024	Param.	5.90145	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :134.	.04083	Param.	3.95860	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :135.	.21082	Param.	.43293	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :136.	.30350	Param.	.55337	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :138.	.08611	Param.	1.00116	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :139.	.10303	Param.	1.01247	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :140.	.04754	Param.	3.07441	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :141.	.06004	Param.	1.68969	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :143.	.14162	Param.	.47672	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :144.	.08495	Param.	1.54998	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :145.	.08596	Param.	.46614	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :146.	.49145	Param.	1.24109	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :147.	.15164	Param.	1.59483	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :148.	.10119	Param.	2.06844	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :150.	.10231	Param.	1.55758	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :151.	.08956	Param.	1.87514	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :152.	.07341	Param.	1.92149	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :153.	.12341	Param.	.72050	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :154.	.07711	Param.	1.84349	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :155.	.04821	Param.	3.84896	Param zu Gesamtereign

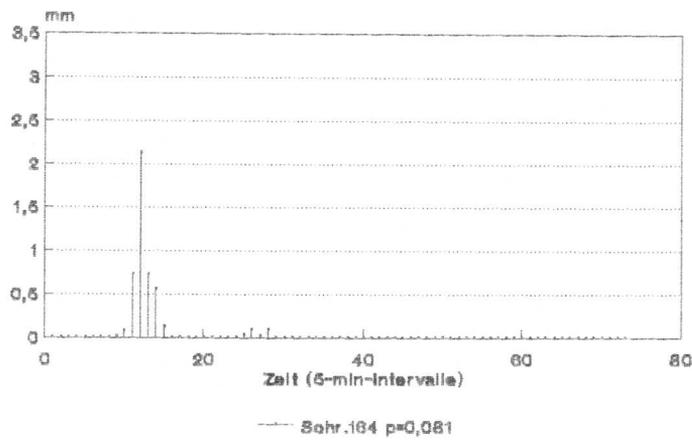
Regenschr. :156.	.15885	Param.	.50565	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :158.	.05756	Param.	2.43214	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :159.	.05238	Param.	2.36042	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :160.	.09500	Param.	.38533	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :161.	.17024	Param.	.61201	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :162.	.27097	Param.	.45090	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :163.	.28767	Param.	.50803	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :164.	.08100	Param.	.18092	Param zu Gesamtereign
Regenschr. :165.	.07933	Param.	.26930	Param zu Gesamtereign

Regenereignis 7.5.1990  
Radarmessung 1 min Intervall



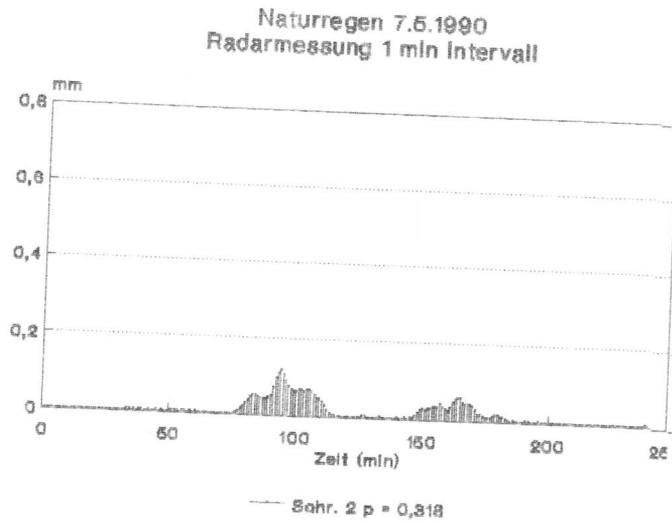
Plot: S164R706

Regenereignis 7.5.1990  
Summierung Radarmess in 5 min Interv

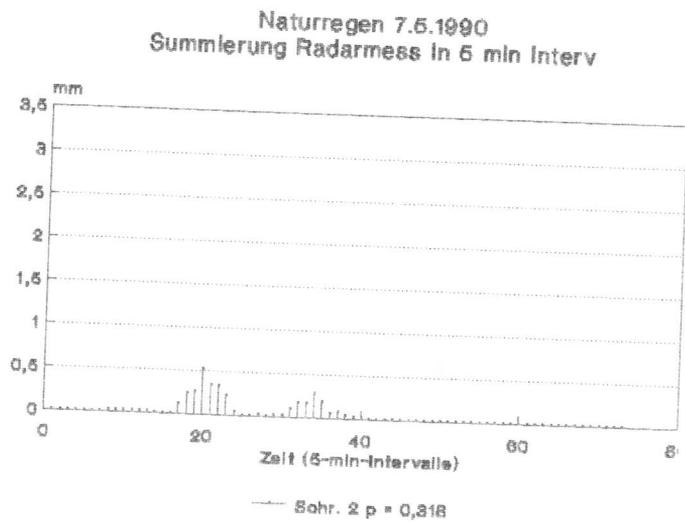


Plot: S164R5

Anlage 11 Praktisches Beisp. Regenschreiber 2 1-5 min Int

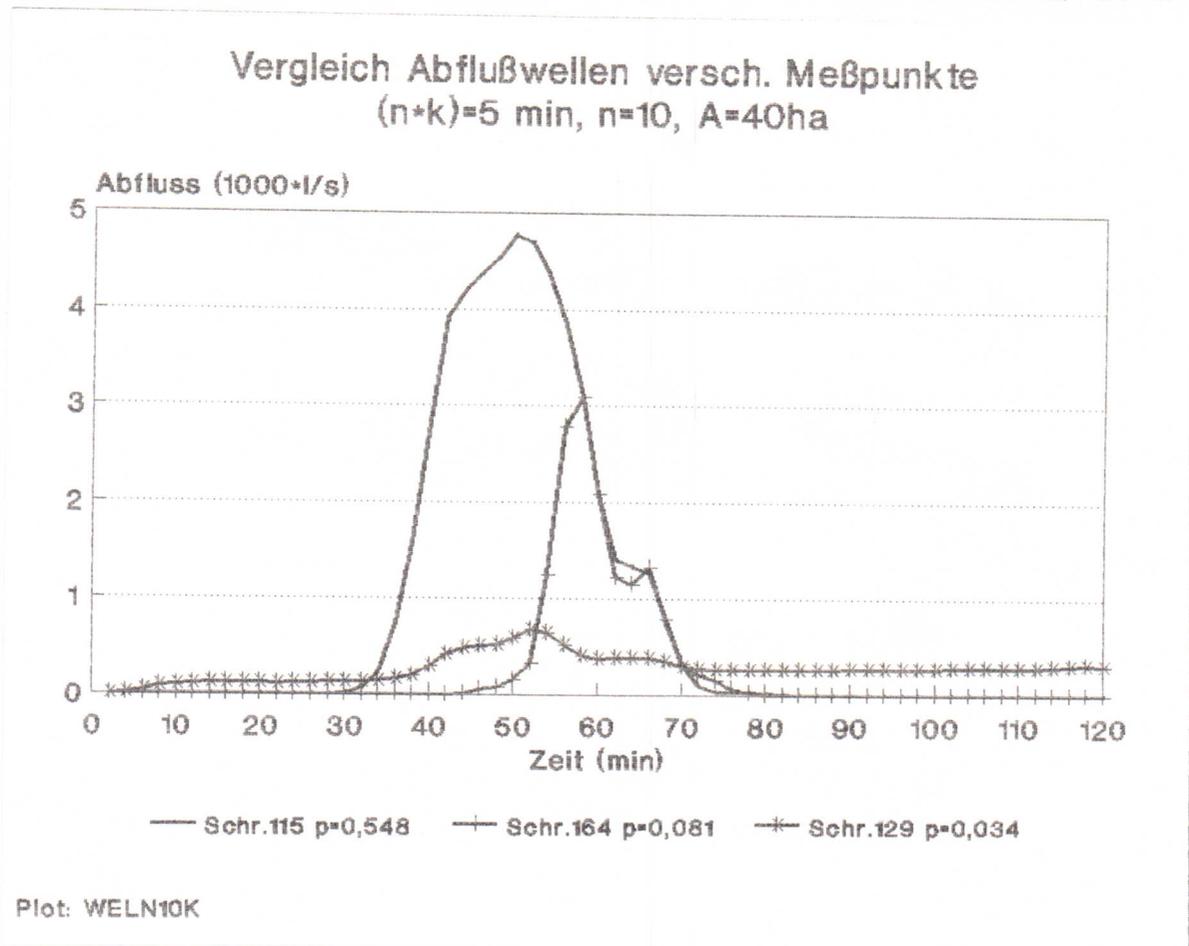


Plot: 82R708R1

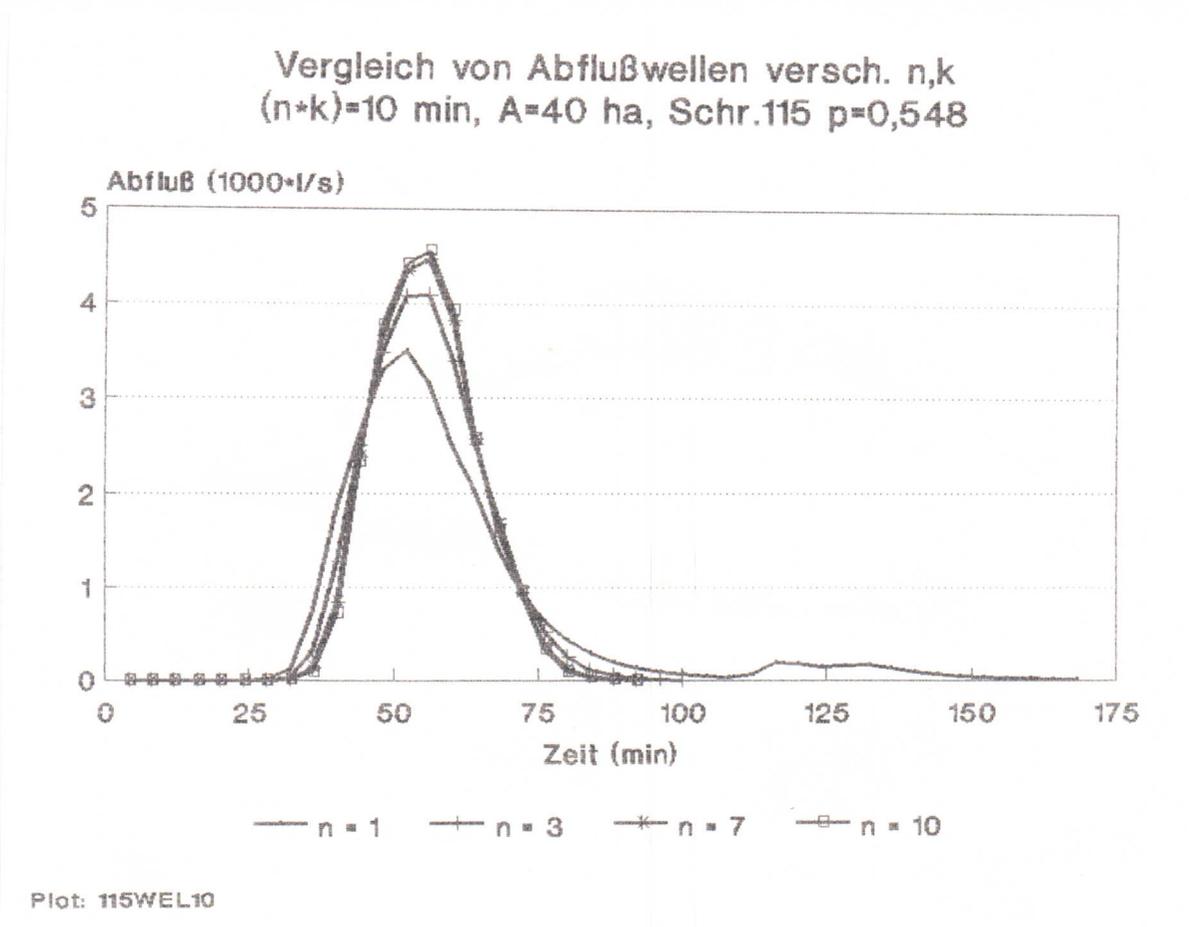


Plot: 82R5R6

Anlage 12 Praktisches Beisp. Vergl. versch. Schr.  $(n \cdot k) = 10$   $n = 10$



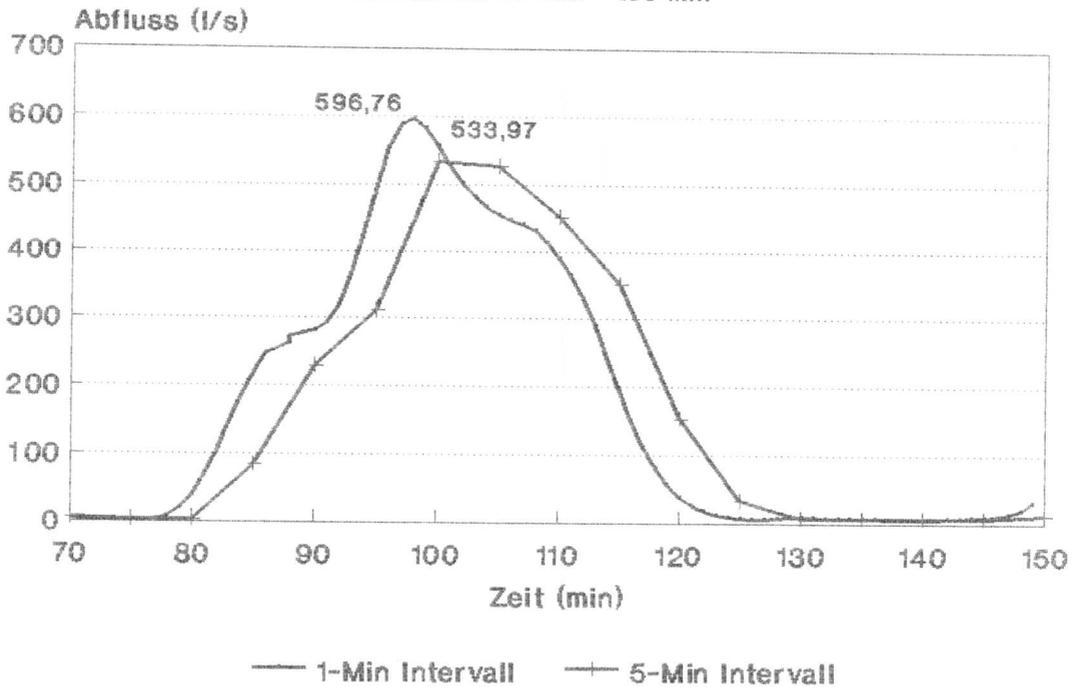
Anlage 13 Praktisches Beisp. Abflußwellen  $(n \cdot k) = 10$  Schr 115



Anlage 14 Praktisches Beisp. Abflußwel. 1-5 min (n\*k)05 Schr 2

Vergleich von Abflußwellen 1 - 5 min  
 $n=3$   $k=1,67$  min  $A=40$  ha  $Schr=2$   $p=0,318$

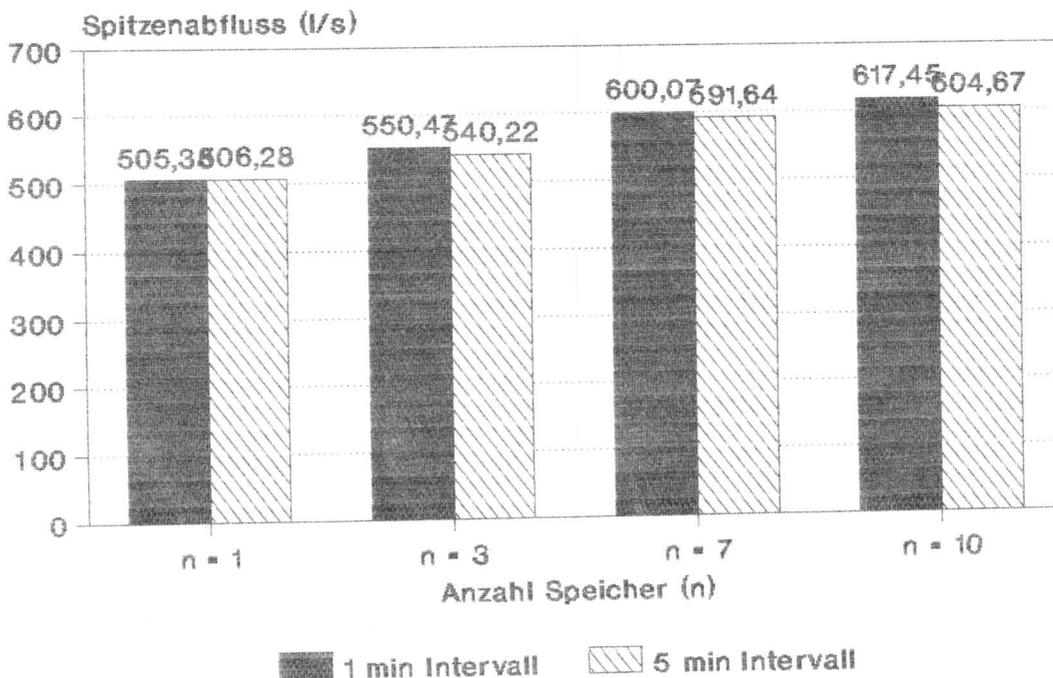
Im Intervall 70 min - 150 min



Plot: S2WEL3G1

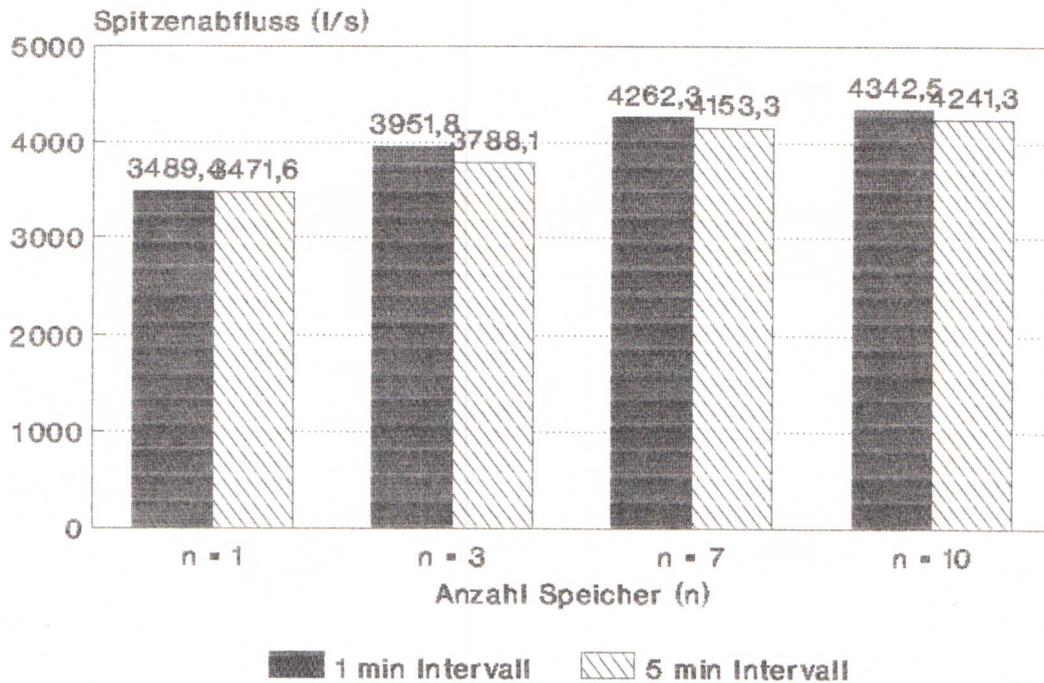
Anlage 15 Praktisches Beisp. Scheitelabflüsse 1-5 min  
 $(n*k)=10$  min Schr129

Spitzenabflüsse Naturregen 7.5.1990  
 $(n*k)=10$ min,  $A=40$ ha, Schr. 129  $p=0,034$



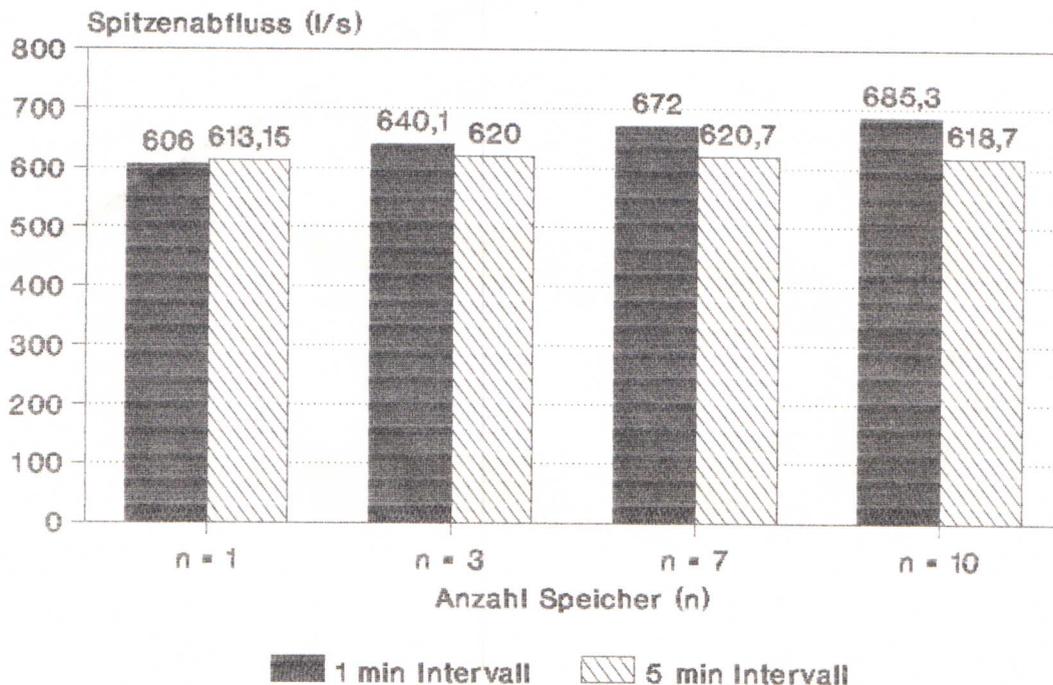
Plot: S129NK10

Spitzenabflüsse Naturregen 7.5.1990  
(n\*k)=10, A=40ha, Schr. 115 p=0,548



Plot: S115NK10

Spitzenabflüsse Naturregen 7.5.1990  
(n\*k)=5min, A=40ha, Schr. 129 p=0,034



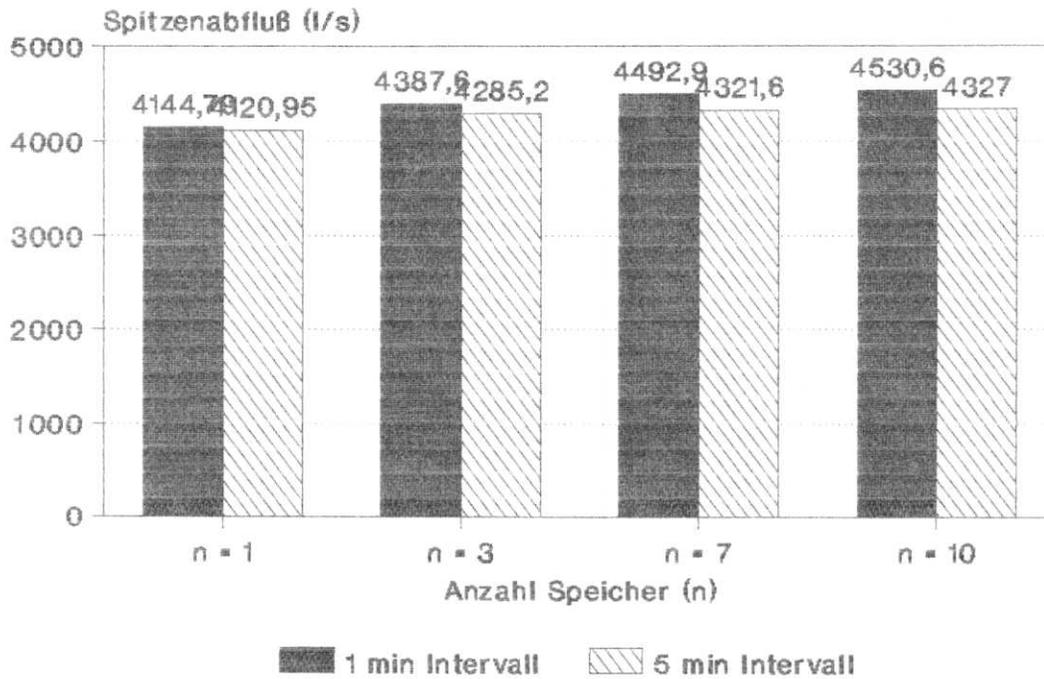
Plot: S129NK5

Anlage 18 Praktisches Beisp.

Scheitelabflüsse 1-5 min

(n\*k)=5 min Schr115

Spitzenabflüsse Naturregen 7.5.1990  
(n\*k)=5min, A=40ha, Schr. 115 p=0,548



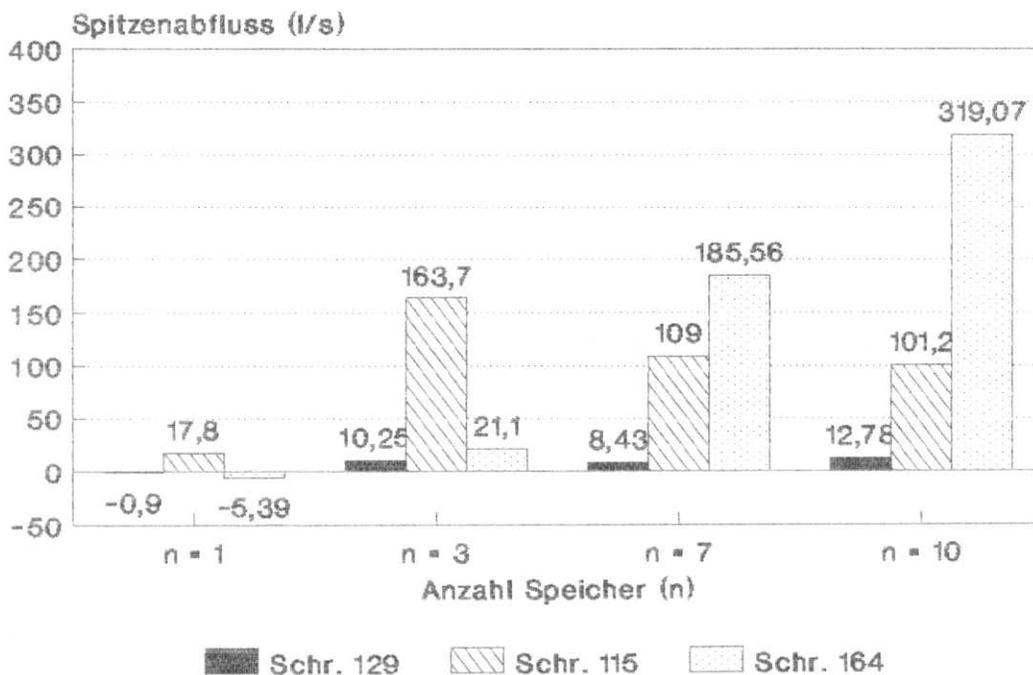
Plot: S115NK5

Anlage 19 Praktisches Beisp.

Differenz Scheitelabflüsse. 1-5

alle Schreiber (n\*k)=10

Differenz Spitzenabflüsse (n\*k)=10 min  
bei 1 - bzw. 5 - Min. Betrachtung



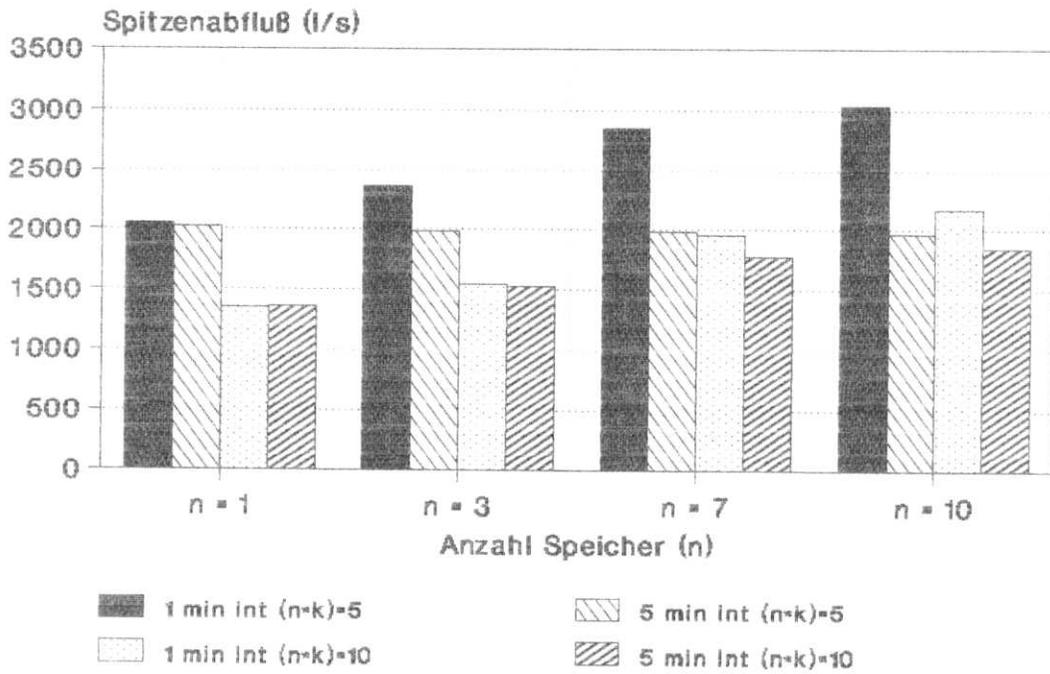
Plot: NK10DIF

Anlage 20 Praktisches Beisp.

Vergl. Scheitelabflüsse 1-5

(n\*k)=5-10 min Schr164

Vergleich Spitzenabflüsse Regen 7.5.1990  
(n\*k)=5-10min, A=40ha, Schr. 164 p=0,081



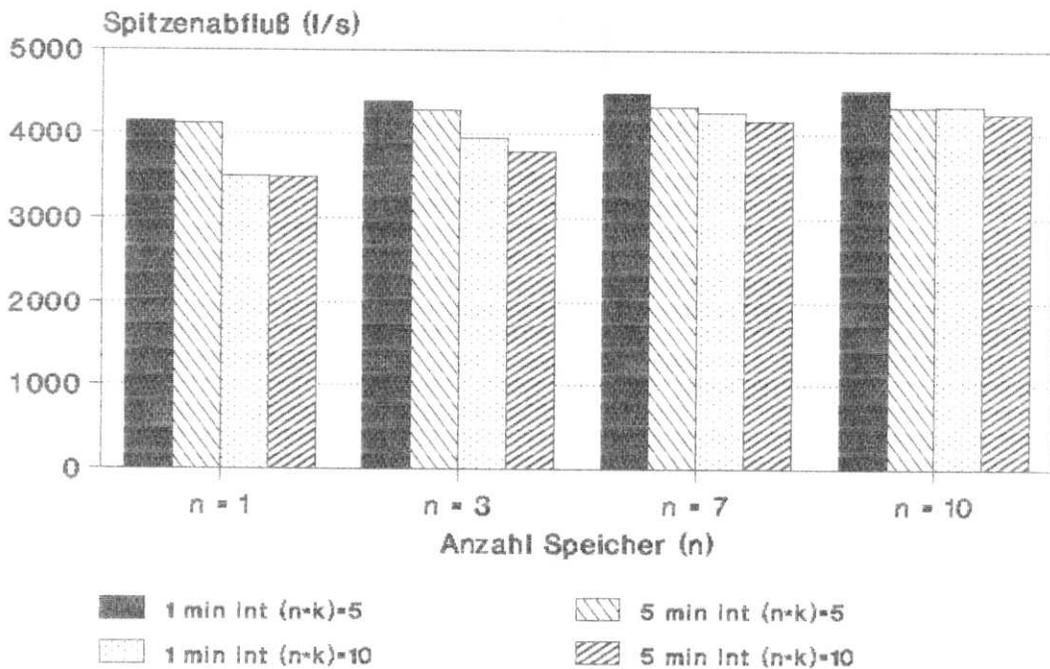
Plot: S164NVER

Anlage 21 Praktisches Beisp.

Vergl. Scheitelabflüsse 1-5

(n\*k)=5-10 min Schr115

Vergleich Spitzenabflüsse Regen 7.5.1990  
(n\*k)=5-10min, A=40ha, Schr. 115 p=0,548



Plot: S115NVER