Gliederung:

- Anlagen -

1.	Einleitung
2. 2.1 2.2 2.3	Entstehung und Ablauf von Wellen in Teilflächen Belastungsbildung Abflußbildung Abflußkonzentration
3. 3.1 3.2 3.3 3.4	
4. 4.1 4.2 4.3 4.4	Anwendungsfälle Berechnungsbeispiel "Eulbach" Entwässerung eines Industriegeländes Abflußverschärfung durch Eisenbahntrasse Beispiel für die Abgrenzung zwischen Flächen- und Gerinneabfluß
5.	Zusammenfassung
6.	Literaturangaben
7.	Verzeichnis der Anlagen

1. Einleitung

Bei der Anwendung eines detaillierten Niederschlag-Abfluß-Modells (N-A-Modell) für die Flanung von Hochwasserschutzmaßnahmen steht die Abflußermittlung aus Teilflächen an erster Stelle. Es wird

- für den weiteren Ablauf der Hochwassersimulation die Abflußmenge, d.h., der Anteil des Niederschlags bestimmt, der Hochwasser verursacht.
- 2. der Transport dieses effektiven Niederschlagsanteils auf der Fläche erfaßt und die Ganglinie des Direktabflusses, einschließlich einer vorhandenen Grundlast berechnet, mit der ein Gerinnesystem an einem festgelegten Einleitungsknoten beaufschlagt wird.

Der Abflußermittlung aus Teilflächen kommt deswegen eine entscheidende Bedeutung zu, als daß über sie die Voraussetzungen für den Hochwasserabfluß eines Gerinnesystems vorgegeben sind. Insbesondere kommt dieses bei der Erweiterung von Bebauungsflächen zum Ausdruck. Der zunehmende Befestigungsgrad führt sowohl zu einer Erhöhung der abflußwirksamen Mengen (Fülle) als auch zu einer Verschärfung des Abflusses (Scheitel). Der Einfluß anthropogener Einflüsse auf den Hochwasserablauf wird in den meisten Fällen im Teilsystem "Fläche" wirksam.

Die Abgrenzung des Teilsytems "Fläche" von dem Teilsystem "Gerinne" ist abhängig von der jeweiligen Aufgabenstellung. Bis zu einem gewissen Grad erfaßt die Teilfläche integral untergeordnete Stränge des Gerinnesytems, z.B. Rinnsale und Gräben bei natürlichen Flächen oder bei bebauten Flächen gesamte Kanalnetze, wenn lediglich die Vorfluterbelastung am Regenüberlauf interessiert.

2. Entstehung und Ablauf von Wellen in Teilflächen

Bevor ein Modellkonzept zur Berechnung des Abflusses aus Teilflächen aufgestellt werden kann, muß man sich über den natürlichen Vorgang klar werden, der simuliert werden soll. Wir sprechen in diesem Zusammenhang von einem Prozess, der in einem System abläuft. Bezüglich des Teilsystems "Fläche" werden drei Prozeßphasen unterschieden (s. auch 1. Vortrag):

2.1 Belastungsbildung

Im ersten Teilprozeß Belastungsbildung wird die Beaufschlagung der Fläche mit Niederschlag in flüssigem Aggregatzustand erzeugt. Grundsätzlich sind hierbei Regen- und Schneeschmelzereignisse in ihrer zeitlichen und örtlichen Verteilung zu unterscheiden.

2.2 Abflußbildung

In dieser Phase wird der zum Abfluß kommende Niederschlagsanteil bestimmt, wobei in Abhägigkeit der verschiedenen Fließwege unterschiedliche Anteile vom beaufschlagenden Niederschlag für den Zeitraum des Hochwasserablaufs abflußwirksam werden (vgl. Anlage 3-2/1) Die hier auftretenden Einflüsse sind sowohl gebietsspezifischer

- Flächennutzung
- Bodenart
- Gefälle usw.

als auch ereignisspezifischer /Za85.1/

- Niederschlagshöhe
- Niederschlagsdauer
- Bodenvorfeuchte usw.

Natur.

2.3 Abflußkonzentration

Die in dieser Phase auftretenden Transportvorgänge werden vorwiegend durch die Translations- und Retentionseigenschaften der Teilfläche bzw. durch die verschiedenen Fließwege in der Teifläche bestimmt.

- Flächennutzung
- Bodenart
- Gefälle usw.

Anlage 3-2/2 dokumentiert an einem extremen Beispiel den Einfluß gebietsspezifischer Eigenschaften auf den Abfluß aus Teilflächen.

3. Modellierung des N-A-Prozesses

Bei der Festlegung eines Konzeptes zur Simulation der N-A-Phasen wird von vereinfachenden Modellvorstellungen ausgegangen. Dabei ist es aber unter Umständen notwendig, wie das oben genannte Beispiel andeutet, den speziellen Gegebenheiten durch mehr oder weniger detailliertere Modellansätze Rechnung zu tragen. Die Literatur bietet hierzu zahlreiche Modellkonzepte an.

Es werden im folgenden die Möglichkeiten der Modellierung des Abflusses von Teilflächen prinzipiell dargestellt. Im Bezug auf die praktische Anwendung wird anschließend beispielhaft für jede Prozeß-Phase ein Modellansatz vorgestellt, der im Anschluß anhand eines konkreten Berechnungsfalles durchgespielt wird.

Zur Quantifizierung der im folgenden benutzten Modellparameter werden:

- Eichrechnungen anhand aufgezeichneter Niederschlags- und Wasserstandsganglinien (soweit vorhanden) und
- Abschätzungen, die auf regressiven Zusammenhängen zwischen den Gebietskenngrößen und Modellparametern basieren,

vorgenommen. Aus diesem Grunde müssen vor der Aufstellung eines konkreten N-A-Modells neben der Abgrenzung der Teilflächen und der Festlegung der Einleitungsstellen die Gebietskenngrößen vorliegen (vgl. 2. Vortrag).

Bei der Abflußberechnung werden grundsätzlich zwei Flächentypen unterschieden

- natürliche Flächen
- bebaute Flächen
 (an eine Kanalisation angeschlossene Gebiete)

Bei beiden Flächentypen werden befestigte und unbefestigte Flächenanteile hinsichtlich der Parameterbestimmung berücksichtigt.

3.1 Belastungsbildung

Die Belastungsbildung wird hier nicht simuliert. Es gibt aber prinzipiell auch Modellansätze, die diese Phase, z.B. den Prozeß der Schneeschmelze /Kn79/, im Modell wiedergeben. In der Regel wird allerdings eine Regenganglinie als Beaufschlagung vorgegeben, wobei die räumliche N-Verteilung bezüglich der einzelnen Teilfläche nicht berücksichtigt werden braucht, da ihre Ausdehnung relativ gering ist. Als Belastungsereignisse werden herangezogen:

1.) historische N-Ereignisse

- zur (Nach-) Eichung der Modellparameter
- zur nachträglichen Simulation von N-A-Ereignissen 2000 z.B. zur Rekonstruktion von Schadensfällen
- große historische Ereignisse auch zur Bemessung von Ausbau- oder Rückhaltemaßnahmen

Sie werden als Gebietsniederschlag aus Regenschreiber- und Regenmesseraufzeichnungen gewonnen /Han83/.

2.) statistische N-Ereignisse /JoKu79, Dra72/

- zur Simulation von Planungzuständen (Prognose)
- zur nachträglichen Feststellung der Betriebssicherheit bestehender Hochwasserschutzeinrichtungen

Bei der Verwendung statistischer N-Ereignisse müssen die ereignisspezifischen Einflüsse

- hN = f(Tn, TN)

- TN = f(Konzentrationszeit,

Aufgabenstellung für Gesamtmodell)

- die zeitliche Verteilung (Modellregen) /A185/

mit hN = Niederschlagshöhe (mm)

In = Wiederkehrzeit (a)

TN = Niederschlagsdauer (min, h)

vom Modellanwender auf der Grundlage der jeweiligen Aufgabenstellung vorgegeben werden.

3.2 Abflußbildung

Bei der Simulation der Abflußbildung können generell zwei Methoden angesprochen werden:

- Abflußbeiwert- und
- Verlustratenansätze.

In Anlage 3-3/1 sind verschiedene Varianten von Verlustratenansätzen skizziert. Ausgehend von einer konstanten Verlustrate über das gesamte Niederschlagsereignis kann je nach Aufgabenstellung eine weitere Differenzierung der Abflußbildung anhand zusätzlicher Parameter und damit eine bessere Anpassung an den Naturvorgang erreicht werden. Dem größeren Verlustanspruch zu Beginn eines Ereignisses kann z.B. dadurch Rechnung getragen werden, daß ein Anfangsverlust oder eine mit der Zeit abnehmende Verlustrate eingeführt wird. Darüberhinausgehend ist es möglich den momentanen Verlustanspruch (Bodenspeicher) laufend zu simulieren und damit die jeweils aktuelle Verlustrate während des Ereignisses zu bestimmen /Fig81, Eu75/.

Ahnliche Abstufungen können bei Abflußbeiwertansätzen vorgenommen werden. Zur Berechnung des zum Abfluß kommenden Niederschlags wird hier ein gemittelter Abflußbeiwertansatz mit Anfangsverlust flächendeckend für befestigte und unbefestigte Anteile vorgestellt (Anlage 3-3/2a).

Für die wirksame Niederschlagsintensität ie (mm/h) gilt nach Abzug des mittleren Anfangsverlustes hvo

$$ie(t) = \Psi * i(t)$$

 Zur Bestimmung der beiden Farameter Wund hvo wird der jeweilige Befestigungsgrad (Anlage 3-3/2b), beim unbefestigten Flächenanteil darüberhinaus Eigenschaften des Bodens und die steigende Ab-

flußbereitschaft mit zunehmender Niederschlagshöhe auf der Grundlage des SCS-Verfahrens (Anlage 3-3/3) berücksichtigt. Liegen N-A-Aufzeichnungen für die betreffende Fläche vor, so können diese zur Analyse der Abflußbildungsparameter herangezogen

werden, wobei hinsichtlich der Abflußbildung auf die Einhaltung der

Zur Berechnung der Wellenfülle ist dem aus dem aktuellen Niederschlag resultierenden Direktabfluß noch eine Grundlast zu überlagern, die z.B. auf Grundwassereinspeisung oder Kläranlangenein-

> QB = qB * AE (cbm/s) AE = Fläche des Einzugsgebiets (qkm) qB = Basisabflußspende (1/(s*qkm))

Der Basiabfluß QB ist gebietsspezifisch festzulegen, z.B. bei bebauten Flächen als Trockenwetterabfluß QTW oder kritischer Abfluß Qkrit aus oberhalb liegenden Entlastungen.

3.3 Abflußkonzentration

läufe zurückzuführen ist.

gemessenen Wellenfülle zu achten ist.

Die Translations- und Retentionseigenschaften der Teilfläche werden durch übertragungsfunktionen beschrieben, die die Abflußreaktion des Gebietes auf einen wirksamen "Einheitsniederschlag" wiedergeben. Unter der Voraussetzung einer linearen und zeitinvarianten Abhängigkeit der Abflußkonzentration von der Niederschlagsbelastung kann die Ganglinie des Direktabflusses mittels linearer Faltung berechnet werden (Anlage 3-3/4) /DFG75, DVWK82.1/. Dazu wird in jedem Zeitintervall die wirksame N-Belastung als ein Vielfaches des zeitverschobenen "Einheitsniederschlagß angesehen. Nach dem Linearitätsprinzip ist daher die Abflußreaktion für die entsprechende Intervalle durch dasselbe Vielfache der übertragungsfunktion gegeben. Die Ganglinie des Direktabflusses wird durch Superposition der Einzelreaktionen erhalten.

Die klassische übertragungsfunktion liegt in der Einheitsganglinie vor (Anlage 3-3/5a). Sie wird aus gemessenen Abflußganglinien durch Umkehrung der Faltungsoperation gewonnen. Damit wird einer ihrer Nachteile schon deutlich, ihre Analyse setzt aufgezeichnete N-A-Ereignisse voraus. Sie ist damit zur Simulation von Planungszuständen ungeeignet, zumal sie darüberhinaus nur als diskrete Funktion vorliegt und ihr Verlauf nicht durch Farameter beschrieben werden kann. Mit den Linearspeicheransätzen (Anlage 3-3/5b...) eröffnet sich die Möglichkeit übertragungsfunktionen analytisch darzustellen und anhand von Parametern die Abflußkonzentration der jeweiligen Situation (z.B. Bebauungsgrad) der Teilfläche anzupassen. Diese

Modellvorstellung betrachtet den Flächenabfluß als analog dem Auslaufen eines "Behälter, wobei die Auslauföffnung derart gedrosselt ist, daß der Abfluß linear von der Füllung abhängt. Diese Drosselung wird durch die Retentionskonstante K quantifiiert. Durch Serienschaltung solcher Speicher (Kaskade) ist es möglich, die Translation längerer Fließwege noch besser zu erfassen. Die Anzahl n der Speicher stellt somit einen weiteren Parameter für die Translation dar. Durch zusätzliche Farallelschaltung können darüberhinaus über einen Aufteilungsparameter ß verschiedene Fließwege simuliert werden.

Zur Herleitung der Farameter der verschiedenen Konzentrationsansätze sei auf die Literatur verwiesen /DVWK84, Eu78.1, Har80, Za81/.

An dieser Stelle sei die Übertragungsfunktion linearer Speicherkaskaden wiedergegeben (Anlage 3-3/5d), für sie gilt bei kleinen Diskretisierungsintervallen (T < 1.0 h) genügend genau:

$$u(T,t) = \frac{AE}{3.6} \times \frac{1}{K(n-1)!} = \frac{n-1}{(t/K)} + \frac{-t/K}{(t/K)} = \frac{(cbm/(s+mm))}{(cbm/(s+mm))}$$

mit t = Zeit (h)

AE = Gesamtfläche (gkm)

n = Anzahl der Einzelspeicher pro Kaskade (-)

K = Retentionskonstante eines Einzelspeichers (h)

Die Bestimmung der Konzentrationsparameter n und K wird für natürliche und bebaute Flächen nach Maßgabe von Gebietskenngrößen unterschiedlich gehandhabt.

- natürliche Flächen siehe Anlage 3-3/6a - bebaute Flächen AE (30 ha siehe Anlage 3-3/6b
- bebaute Flächen AE > 30 ha siehe Anlage 3-3/6c

Die Nacheichung der Konzentrationsparameter anhand von N-A-Aufzeichnungen erfolgt nach Maßgabe der gemessenen Wellenform.

3.4 weitere Einsatzmöglichkeiten

Neben der integralen Abflußermittlung von natürlichen und bebauten Flächen kann der hier vorgestellte Modellbaustein für eine detailliertere Erfassung des Flächenabflusses, z.B. getrennt nach befestigten und unbefestigten Anteilen, herangezogen werden. Im Zusammenhang mit hydraulischen Kanalnetzberechnungen werden zur Simulation des Kanalzuflusses hydrologische Oberflächen-Modelle vorgeschaltet.

4. Anwendungsfälle

4.1 Berechnungsbeispiel "Eulbach"

Das Einzugsgebiet des Eulbachs wurde entsprechend dem Vorfluternetz, der Oberflächennutzung und den Punkten, an denen der Abfluß interessiert in fünf natürliche und zwei bebaute Flächen gegliedert (Anlage 3-4/1).

Am Ausgang dieser Flächen ist der Abfluß in den Eulbach in Abhängikeit von der jeweiligen Bemessungsvariante zu ermitteln.

Analyse: Zur Bestimmung der Parameter liegen keine N-A-Aufzeichnungen vor. Es müssen daher die Parameter allein anhand von Gebietskenngrössen ermittelt werden.

Abflußbildung

Laut Anlage 3-3/2b wird der gemittelte Anfangsverlust bzw. der gemittelte Abflußbeiwert über den Befestigungsgrad Ab/Ae, sowie die Anfangsverluste und Abflußbeiwerte der befestigten und unbefestigten Flächenanteile gebildet.

Der Abflußbeiwert unbefestigter Flächenanteile Pu wird in Abhängikeit vom CN-Wert und dem Niederschlag der jeweiligen Bemessungsvariante gebildet.

Abflußkonzentration

Die Konzentrationsparameter werden nach den Beziehungen lt. Anlagen 3-3/6 berechnet. Für sämtliche Teilflächen wurden zwei parallele Kaskaden angesetzt.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Analyse sind für

- natürliche Flächen in Anlage 3-4/2
- bebaute Flächen in Anlage 3-4/3

zusammengestellt.

Prognose: Der Aufgabenstellung entsprechend wurden 20-jährliche N-Ereignisse aus einem statistischen Gutachten als Modellbelastung angesetzt. Die maßgebende N-Dauer ergab sich aus Testrechnungen (vgl. auch Anlage 3-4/6) für das gesamte Einzugsgebiet (keine Kanalbemessung) zu TN = 3 h.

Die Bemessungsvariante ist damit gegeben durch

Tn = 20(Wiederkehrzeit) a h TN = 3(N-Dauer) \rightarrow hN = 49.8 mm (N-Höhe) und

zeitliche N-Verteilung nach /DVWK84/

Das Ergebnis ist beispielhaft für die Abflußganglinie aus der bebauten Teilfläche FKl in Anlage 3-3/4 tabelliert.

Hinsichtlich der Vorfluterbelastung aus den bebauten Flächen sind noch die verschiedenen Aufteilungen und Einleitungsbedingungen von Regenüberläufen und Regenüberlaufbecken zu berücksichtigen.

4.2 Entwässerung eines Industriegeländes

Fragestellung: Für ein Industriegelände liegt eine hohe Grundlast an Betriebswasser vor. Eine darüber hinausgehende Ableitung von Regenwasser ist nur sehr beschränkt möglich. Die vorhandenen Rückhalteräume sind nicht in freiem Gefälle beschickbar.

> Die Hochwasserschutzmaßnahmen sind derart zu bemessen, daß N-A-Ereignisse mit Tn (10 a auf dem Betriebsgelände zurückgehalten werden.

Vorgehensweise: Bestimmung der Parameter anhand funktionaler Zusammenhänge

> Zur Bemessung des Rückhalteraumes und der Pumpleistung (kein freies Gefälle) werden Niederschläge mit Tn = 10 a und variabler Dauer TN angesetzt.

Ergebnisse

: Der Vergleich der Ganglinien, die auf der Grundlage von Gebietskenngrößen berechnet wurden, mit gemessenen Ganglinien zeigt eine sehr gute übereinstimmung (Anlage 3-4/5).

Die Prognose liefert für den 10-jährlichen Bemessungsfall

- ein notwendiges Rückhaltevolumen von 5950 cbm bei einer N-Dauer von ca. 1.2 h (Anlage 3-4/6a)
- eine notwendige Pumpleistung von 4.9 cbm/s bei einer N-Dauer von ca. 10 min (Anlage 3-4/6b)

Anlage 3-4/6b gibt anhand der Q-TN-Beziehungen für weitere Wiederkehrzeiten Aufschluß über die Auslegung eines gestaffelten Pumpwerkes.

Expendential production of the following and relative them 5/10

4.3 Abflußverschärfung durch Eisenbahntrasse

Fragestellung: Auswirkung einer geplanten Eisenbahntrasse auf das

HW-Regime eines Vorfluters in einem natürlichen

Einzugsgebiet AE = 48.63 gkm (Anlage 3-4/7)

Vorgehensweise: Unterscheidung von IST- und FLANUNGS-Zustand

Die Analyse der Farameter wurde mittels Gebiets-

kenngrößen durchgeführt.

Eine überprüfung der Parameter für das Gesamtsystem im IST-Zustand war anhand von N-A-Aufzei-

nungen möglich.

Zur Formulierung von Belastungsvarianten wurde ein Modellregen (Anlage 3-4/8a) konzipiert, der den Fließzeiten und der Bemessungsleistung der künstlichen Entwässerungssysteme (Ortslagen, Trassendurchlässe) im Sinne einer ungünstigsten Belastung gerecht wurde.

detecut watae

Ergebnisse

: Für eine 5-jährliche Belastung wurde eine Auslastung des Gerinnesystems im IST-Zustand nachgewiesen. (Anlage 3-4/8b)

Ohne entsprechende Rückhalte- oder Ausbaumaßnahmen tritt durchgehend eine Abflußverschärfung auf.

Gegenüber der ursprünglichen Planung konnte der Rückhalteraum verringert und eine kostengünstigere Positionierung der Rückhaltebecken erzielt werden.

4.4 Beispiel für die Abgrenzung zwischen Flächen- und Gerinneabfluß

Für das Einzugsgebiet des Pegels Oberrot/Fichtenberger Rot (AE = 63 gkm) wurden Eichrechnungen zur Bestimmung der Modellparameter vorgenommen. Die für die Simulation der meisten N-A-Ereignisse bei konstanten gebietsspezifischen Parametern sehr gute Ergebnisse aufwiesen. Lediglich das Ereignis vom 22.5.78 fiel stark aus dem Rahmen, wobei dieses Ereignis die höchsten Abflüsse aufwies, also einem eventuellen Bemessungsfall am nächsten kommt.

Eine eingehendere Betrachtung der gemessenen und simulierten Ganglinie (Anlage 3-4/9) zeigt, daß hier mit den aus kleineren Ereignissen gewonnenen Parametern größere Ereignisse nicht simuliert werden dürfen, da bei ihnen der Gerinneabfluß wegen auftretender Ausuferungen separat berechnet werden muß. Die Abflußleistung des Gerinnes wird durch ein horizontales Abknicken der gemessenen Ganglinie bei ca. Qvoll = 17.0 cbm/s wiedergegeben.

5. Zusammenfassung

Es wurde die Abflussermittlung aus Teilflächen in ihren Phasen

- Belastungsbildung
- Abflußbildung
- Abflußkonzentration

als Baustein detaillierter hydrologischer Abflußmodelle beschrieben, wobei diese Phasen nach Maßgabe der Abflußeigenschaften der Fläche und der jeweiligen Fragestellung an den bearbeitenden Ingenieur mit unterschiedlichen Modellkonzepten behandelt werden können.

An einem mit vielfach gutem Erfolg angewandtem Gesamtkonzept wurden die Zusammenhänge zur Ermittlung der Modellparameter erläutert und anschließend der Berechnungsgang an einem Beispiel demonstriert. Die Einsatzmöglichkeiten und die Abgrenzung des Teilflächenmodells wurden anhand konkreter Beispiele aus der Anwendungspraxis aufgezeigt.

Das vorgestellte Modellkonzept ermittelt Ganglinien aus Teilflächen unter Berücksichtigung zeitabhängiger Einflüsse auf das Abflußgeschehen. Es bildet die Voraussetzung zur zeitgerechten überlagerung der Zuflüsse in einem übergreifenden Vorflutsystem und damit ein wichtiges Hilfsmittel zur Optimierung von Hochwasserschutzmaßnahmen.

6. Literaturangaben

/A185/ Althaus, J

Vergleich von Modellregen zur Kanalnetzberechnung, Beitrag in Heft 56, Mitteilungen aus dem Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau, TU-Hannover, 1985

/DFG75/ DFG.

Theoretische Hydrologie, Heft 2, Deterministische Verfahren, Dt. Forschungsgemeinschaft, Bonn-Bad Godesberg, 1975

/Dra72/ Draschoff, R.

Häufigkeitsanalyse langfristiger Niederschlagsbetrachtungen als Grundlage der Abflußstatistik kleiner Vorfluter, Mitteilungen aus dem Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau, TU-Hannover, 1972

/DVWK82.1/ DVWK

Arbeitsanleitung zur Anwendung von Niederschlag-AbflußModellen in kleinen Einzugsgebieten,
Teil I: Analyse, DVWK-Regeln, Heft 112,
Verlag Paul Parey, Hamburg, 1982

/DVWK84/ DVWK

Arbeitsanleitung zur Anwendung von Niederschlag-Abfluß-Modellen in kleinen Einzugsgebieten, Teil II: Synthese, DVWK-Regeln, Heft 113, Verlag Paul Parey, Hamburg, 1984

/Eu75/ Euler, G.

Die Simulation der Niederschlagsaufteilung für Hochabflußmodelle. Technischer Bericht aus dem Institut für Hydraulik und Hydrologie der TH-Darmstadt, Nr. 14, Darmstadt, 1975

/Eu78.1/ Euler, G.

Regenwasserabflußwellen aus Siedlungsgebieten und deren Verlauf im Vorfluter, Seminar "Regenwetterabflüsse", im Haus der Technik, Essen, 1978

/Fig81/ Figlus, J.
Abflußwirksamer Niederschlag von Teilflächen,
13. DVWK-Lehrgang "Stadthydrologie", Bad Herrenalb, 1981

/Han83/
Die Bedeutung der räumlichen Niederschlagsverteilung für den Abflußprozeß in kleinen Einzugsgebieten, Vorträge und Diskussionsbeiträge eines Arbeitstreffens am 17./18.2.1983, Mitteilungen aus dem Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen

Wasserbau, TU-Hannover, Heft 52, 1983

	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
BWK 36/86 Zaiß	Hydrologische Abflußmodelle in der praktischen Anwendung 3. Abflussermittlung aus Teilflächen 3/13
/Har80/	Harms, R.W., Verworn, H.R. Die Standard-Einheitsganglinie - eine gebietsspezifische Systemfunktion, Die Wasserwirtschaft, H. 7/8, 1980
/JoKu79/	Johannsen, H.H., Kumm, H. Statistische Analyse der Dauer und überschreitungs- häufigkeit hoher Niederschläge am Beispiel der Station Kassel-Wetterwarte, Dt. Wetterdienst, Offenbach, 1979
/Kn79/	Knauf, D. Berechnung des Abflusses aus einer Schneedecke, III. Beitrag in Heft 46 der Schriftenreihe des DVWK 1979
/Za81/	Zaiß, H Linearspeicheransätze als hydrologische Verfahren zur Abflußberechnung in Kanalnetzen, 13. DVWK-Lehrgang "Stadthydrologie", Bad Herrenalb, 1981
/Za85.1/	Zaiß, H Erzeugung von Bemessungshochwasserscheiteln durch Niederschlagabfluß-Modelle, Probleme der ereignis- spezifischen Einflüsse, Beitrag in 1. Wissenschaftliche Tagung "Hydrologie und Wasserwirtschaft", Planung und Betrieb wasserwirtschaft- licher Maßnahmen, DVWK, Karlsruhe, 1985

7. Verze	eichnis der Anlagen	
3-2/1	Entstehung und Ablauf von Wellen in Teilflächen a: Niederschlao-Abfluß-Prozeß (Prinzipskizze) b) qualitative Aufteilung eines Gesamtniederschl	
3-2/2	Beispiel einer Abflußganglinie bei sehr klüftige Untergrund	Iĭı
3-3/1	Verlustratenansätze a) - konstante Verlustrate	
3-3/2	<pre>abflußwirksamer Niederschlag bei konstantem Abfl wert mit Anfangsverlust a) Prinzipskizze b) Farameterbestimmung</pre>	ußbei-
3-3/3	Ermittlung der Abflußbeiwertes für unbefestigte Flächenanteile a) Bodenklassifizierung nach dem SCS-Verfahren b) Abflußbeiwerte in Abhängigkeit von der Bodenk zierung und der Niederschlagshöhe (modifiziert)	lassiíi-
3-3/4	Faltung	
3-3/5	<pre>Ubertragungsfunktionen a) Einheitsganglinie b) linearer Einzelspeicher c) lineare Speicherkaskade d) lineare Farallelspeicherkaskade</pre>	
3-3/6	Bestimmung der Abflußkozentrationsparameter für a) natürliche Flächen b) bebaute Flächen AE < 30 ha c) bebaute Flächen AE > 30 ha	
	Berechnungsbeispiel "Eulbach"	
3-4/1 3-4/2 3-4/3 3-4/4	Lage-und Systemplan Analyseergebnisse natürlicher Flächen Analyseergebnisse bebauter Flächen Abflußganglinie der bebauten Fläche FKl	gawan s
	Anwendungsbeispiel Industriegelände	
3-4/5 3-4/6	Vergleich von berechneten und gemessenen Ganglin Abhängigkeit des Rückhaltevolumens (a) und der erforderlichen Pumpenleistung (b) von der N-1	

BWK 36/86 Hydrologische Abflußmodelle in der praktischen Anwendung Zaiß 3. Abflussermittlung aus Teilflächen 3/15

Anwendungsbeispiel Eisenbahntrasse

Anwendungsbeispiel Eisenbahntrasse

3-4/7 Lageplan des Einzugsgebietes
3-4/8a Modellregen für die Prognose
3-4/8b Ganglinien zum Vergleich von IST- und PLANUNGS-Zustand

Beispiel für die notwendige Abgrenzung von Flächen-

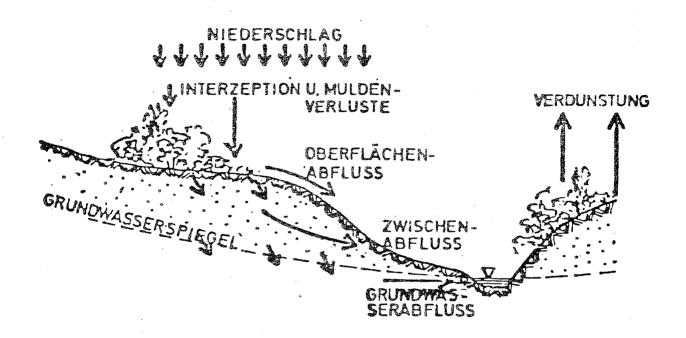
und Gerinneabfluß (Ganglinien)

3-4/9

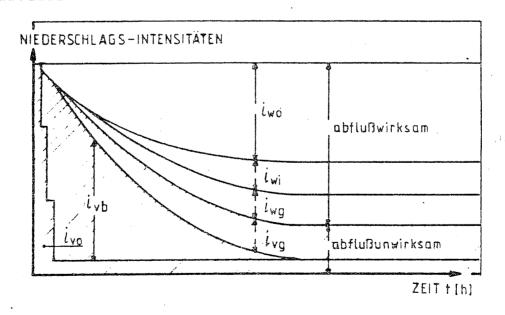
ANLAGEN

Entstehung und Ablauf von Wellen in Teilflächen

a) Niederschlag-Abfluß-Prozeß (Prinzipskizze)



b) Qualitative Aufteilung eines Gesamtniederschlags konstanter Intensität in abflußwirksame und -unwirksame Komponenten



iv = Verlustanteile

iw = abflußwirksame Anteile

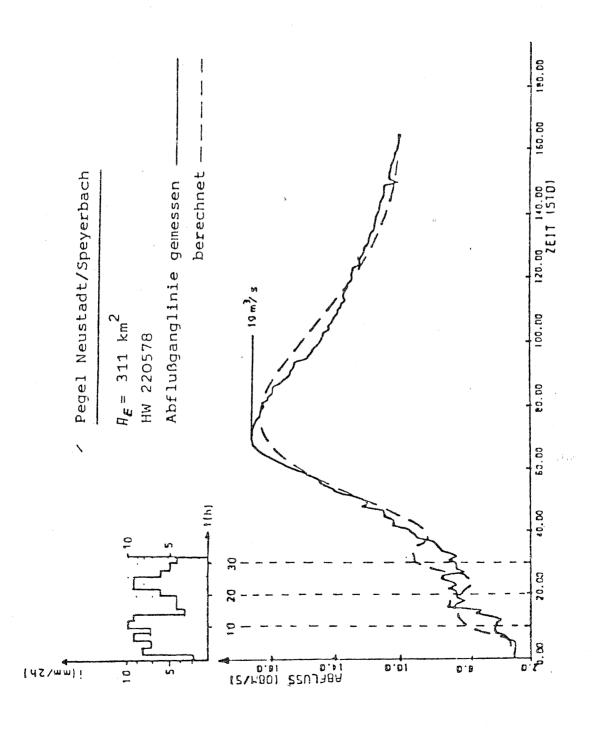
..o = Oberfläche

..i = Interflow (oberflächennah)

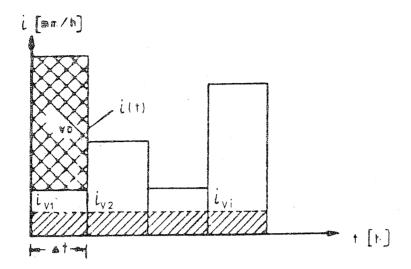
..b = ungesättigter Bodenraum

.. q = Grundwasser

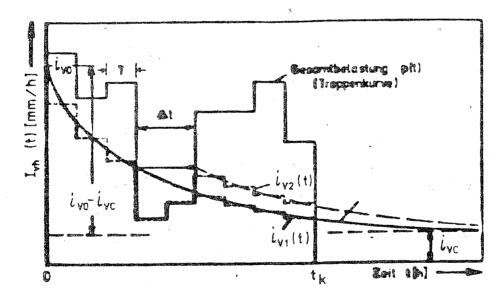
Beispiel von Ganglinien eines aufgezeichneten und simulierten N-A-Ereignisses in einem Gebiet mit sehr klüftigem Untergrund



Verlustratenansätze

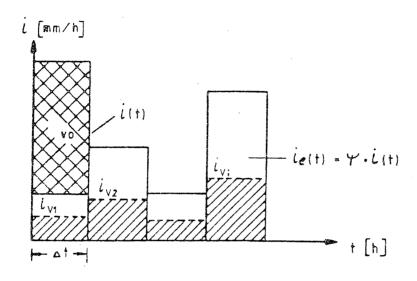


- konstante Verlustrate
- konstante Verlustrate mit Anfangsverlust



- kontinuierlich abnehmende Verlustratekontinuierlich abnehmende Verlustrate mit Bilanzierung des Bodenspeichers

a) abflußwirksamer Niederschlag bei konstantem Abflußbeiwert ψ mit Anfangsverlust hvo



b) Farameter der Abflußbildung

I I I I	hvo	=	hvob	*	Ab AE	+	hvou	*	(1		Ab AE		-I I I
I I I I	η		ψb	*	Ab AE	+	Ψu	*	(1	_	Ab AE)	I I I

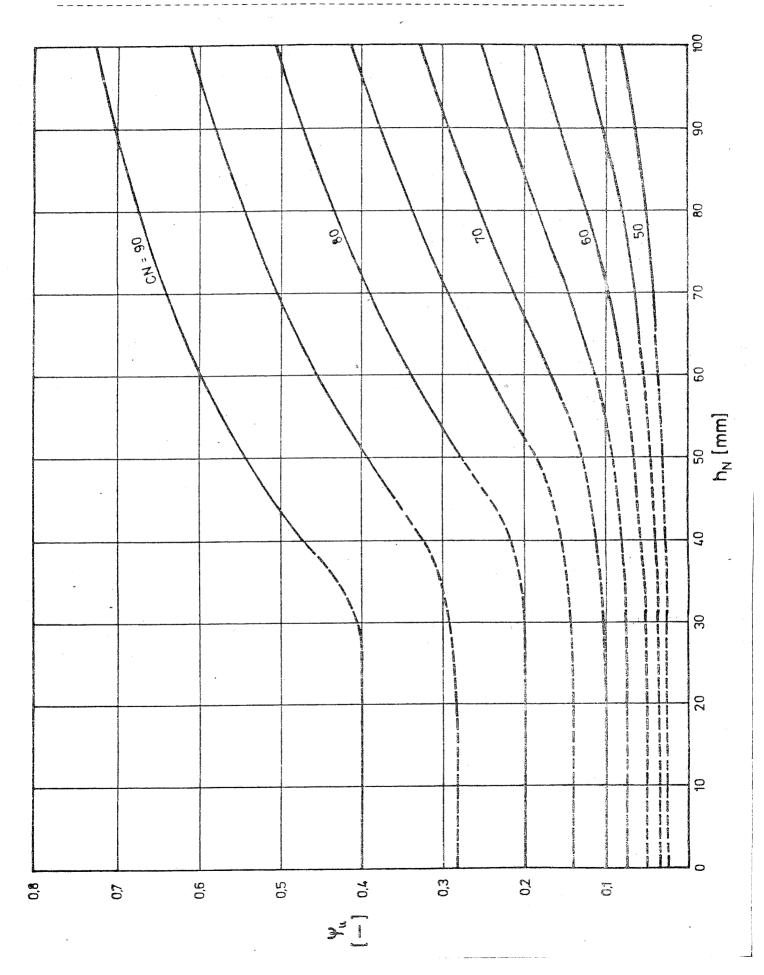
mit

,			1113	,
hvo			mittlerer Anfangsverlust	(mm)
			Anfangsverlust befestigter Flächenanteile	(mm)
hvou	=	2.04.0	Anfangsverlust unbefestigter Flächenanteile	(mm)
¥			mittlerer Abflußbeiwert	(-)
y b	=	0.71.0	Abflußbeiwert befestigter Flächenanteile	(-)
7 u	=	f(hN,CN)	Abflußbeiwert unbefestigter Flächenanteile	(-)
Ab			befestigte Fläche (z.B.: reduzierte Fläche)	(gkm)
AE			Gesamtfläche	(gkm)
hN			Gesamtniederschlagshöhe	(mm)
CN			Kenngröße für Bodentyp- und Bodennutzung	
			nach SCS-Verfahren für unbefestigte	
			Flächenanteile	(-)

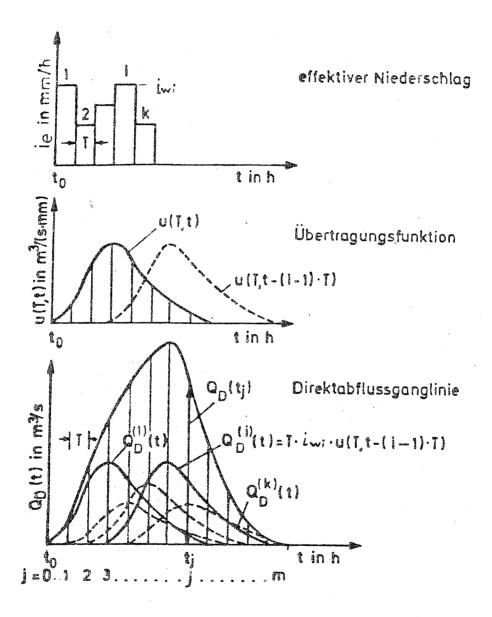
Bodenklassifizierung nach dem SCS-Verfahren in Abhängigkeit von Bodentyp und Bodennutzung

Bodentyp A : Böden mit gr nach starker z.B. tiefe S	Vorbefeu	uchtung.	,	ögen au	ch
Bodentyp B : Böden mit mi Tiefe bis mä bis mäßig gra z.B. mittelt lehmiger Sand	Big tiefe ober Text iefe Sand	e Böden tur,	mit mäi	3ig fei∶	ner
Bodentyp C : Böden mit ge Böden mit fe mit wasserst z.B. flache	iner bis auender S	mäßig f Schicht,	einer :	Textur	oder
Bodentyp D : Böden mit sel Tonböden, sel durchlässiger hohem Grundwa	hr flache m Materia	e Böden al, Böde	über na	aĥezu u	n-
Bodennutzung	I I I	CN ir	 1 % für	Bodent;	yp:
Bodennutzung	I I I I	CN ir	n % für B	Bodent	ур: D
Bodennutzung Ödland (ohne nennenswerter Bewuchs)	I I I I I I I n I		В		
ödland (ohne nennenswerte		A 	В	C 91	D `
ödland (ohne nennenswerter Bewuchs)		A 77	B 86	C 91	D
ödland (ohne nennenswerter Bewuchs) Hackfrüchte, Wein	n I I I I I I	77 70	B 86 80	C 91 87	D 94 90
ödland (ohne nennenswerter Bewuchs) Hackfrüchte, Wein Wein (Terrassen)	n I I I I I I I I	A 77 70 64	86 80 73	C 91 87 79	D 94 90 82
ödland (ohne nennenswerter Bewuchs) Hackfrüchte, Wein Wein (Terrassen) Getreide, Futterpflanzen Weide (normal)	n I I I I I I I	A 77 70 64 64 49	B 86 80 73 76 69	C 91 87 79 84 79	D 94 90 82 88 84

Abflußbeiwerte in Abhängigkeit von der Bodenklassifizierung und der Niederschlagshöhe nach SCS-Verfahren (modifiziert)

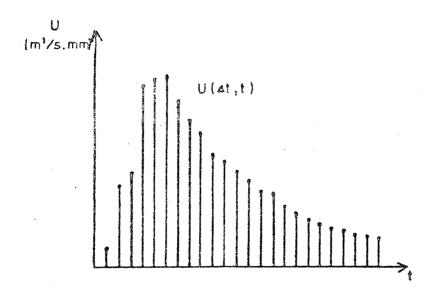


Faltung

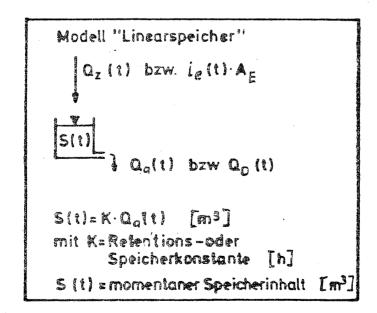


Ubertragungsfunktionen

a) Einheitsganglinie

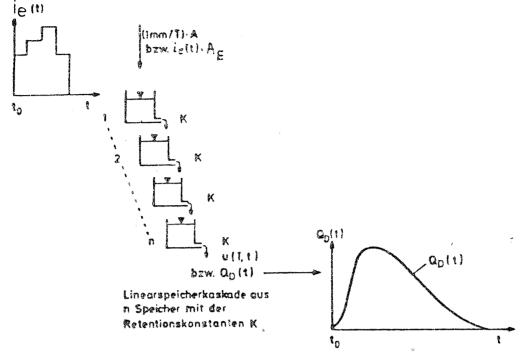


b) linearer Einzelspeicher

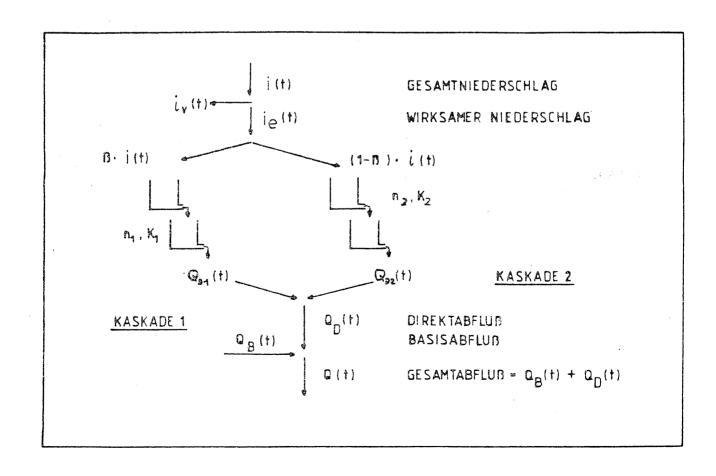


übertragungsfunktionen

c) lineare Speicherkaskade



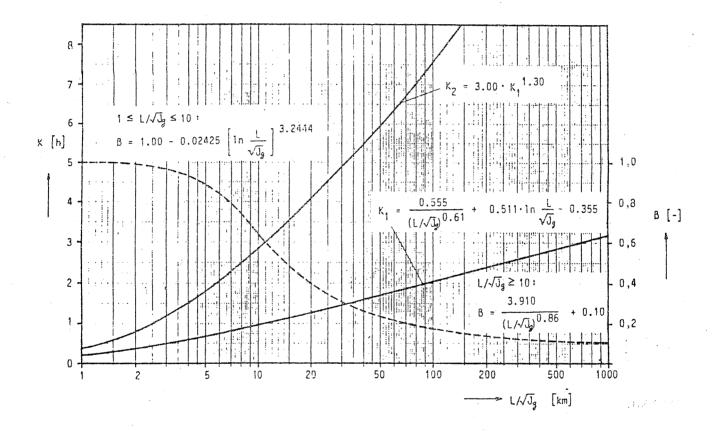
d) lineare Parallelspeicherkaskade



Konzentrationsparameter natürlicher Flächen

Speicheranzahl (2 Kaskaden)

Retentionsparameter und Aufteilungsfaktor



L = Länge des Hauptvorfluters vom Ausgang des Einzugsgebiets bis zur Wasserscheide in Verlängerung des Hauptvorfluters (km)

Ig = Gefälle vom Ausgang des Einzugsgebiets bis zur Wasserscheide (-)

(km)

(-.)

Ιa

Lg = längster Fließweg im Gebiet

Ig = Gefälle über Lg

BWK 36/86 Hydrologische Abflußmodelle in der praktischen Anwendung Zaiß 3. Abflussermittlung aus Teilflächen Anlage 3-3/6c

Konzentrationsparameter für bebaute Flächen AE > 30 ha

Speicheranzahl (2 Kaskaden)

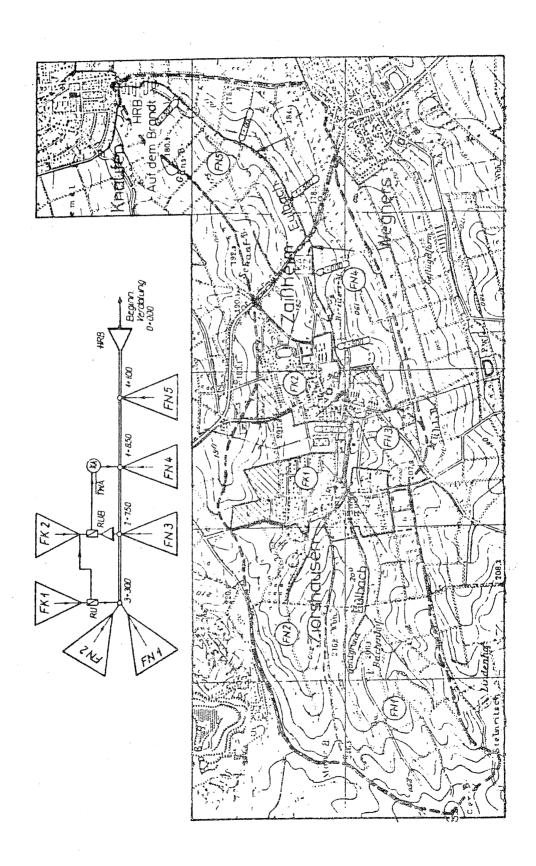
I = -----I
I nl = n2 = 3 I
I = -----I

Retentionsparameter

I -	 					 I
I	Kl	wi	e	ob	en	Ι
I -	 					 I
I	К2	=	5	¥	Κl	Ι
I	 					 I

Aufteilungsfaktor

Lage- und Systemplan des Eulbachs



Analyseergebnisse natürlicher Flächen

Kenngrößen und Modellparameter

Laut Anlage 3-3/2b gilt:

hvob = 1.0 mm Anfangsverlust des befestigten F.anteils hvou = 2.0 mm Anfangsverlust des unbefestigten F.anteils 100 = 0.9 Abflußbeiwert des befestigten F.anteils 100 = 3. Tabelle (Abflußbeiwert unbefestigter Flächen bei hN = 49.8 mm)

I I Fläche I Kennung I	I Ein- I ltng I k m		l I AE I ha	BF` ≒	Ho	(enngröß Hu DH m	leri L km	L/fJg km	CN(B)	I I I	Pu -	lodellpa Kl h	rameter K2 h	1 B I - I
I FN1 I FN2 I FN3 I FN4	I I 3+33 I 3+33 I 2+75 I 1+85 I 1+10	: 0 1 0 1 0 1 0 1	1 124.4 1 70.0 1 46.4 1 65.6	1.0 0.1 2.0 1.0	266 247 208 215 192	180 86 180 67 174 34 169 46 150 42	2.40 1.95 1.00 0.80 0.75	12.7 10.5 5.4 3.3 3.2	61 70 70 73	I I I I	0.07 0.07 0.13 0.13	1.100 1.000 0.750 0.550 0.525	3.250 2.850 1.850 1.300 1.250	0.54 I 0.62 I 0.87 I 0.96 I

I-----I

CN = 61.0

Bestimmung des CN- und des Abflußbeiwertes unbefestigter Flächenantelle am Beispiel der Fläche FN1 _____

Bodentyp: B I anteil I CN I I Bodennutzung und Flächenanteile I Getreide I 0.1 I 76 I 7.6 I I Dauerwiese I 0.3 I 58 I 17.4 I I Wald (mittel) I 0.6 I 60 I 36.0 I s. 2. Vortrag (Anlage 2.3)

CN-Werte's. Anlage 3-3/3a

Der Abflußbeiwert unbefestigter Flächenanteile für die im Berechnungsbeispiel maßgebende N-Höhe hN = 49.8 mm wird aus Anlage 3-3/3b bei einem CN = 61 mit /u = 0.07 abgelesen.

Parameter der Abflußkonzentration

Die Retentionskonstanten Kl. K2 und der Aufteilungsparamter β werden mit $L/\sqrt{J_q}$ nach der Grafik (Anlage 3-3/6a) bestimmt.

Analyseergebnisse behauter Flächen

Kenngrößen und Modellparameter sowie Einleitungsbedingungen

Laut Anlage 3-3/2b gilt:

hvob = 1.0 mm Anfangsverlust des befestigten F.anteils hvou = 2.0 mm Anfangsverlust des unbefestigten F.anteils Yb = 0.9 Abflußbeiwert des befestigten F.anteils Yu = s. Tabelle (Abflußbeiwert unbefestigter Flächen bei hN = 49.8 mm)

II I Fläche I Kennung	Ein-	I Kei	nngrößen BF ti t	I a CN(3)I	. M	odellparamet Kl K2 h h	II I Abschlagbauwerk I
	3+330 1 2+750 1 1 1+850	I 44.2				.0504 0.252 .0608 0.304	I RU rkrit = 15 1/(s*ha) I RUB V = 600 cbm I Qr.ab = 25 1/s I TWA = 15 1/s

Der CN- bzw. der Abflußbeiwert Pu wird ebenso wie bei natürlichen Flächen ermittelt (Anlage 3-4/2)

Die Retentionskonstanten Kl. K2 und der Aufteilungsparamter β werden nach Anlage 3-3/6c bestimmt, wobei die

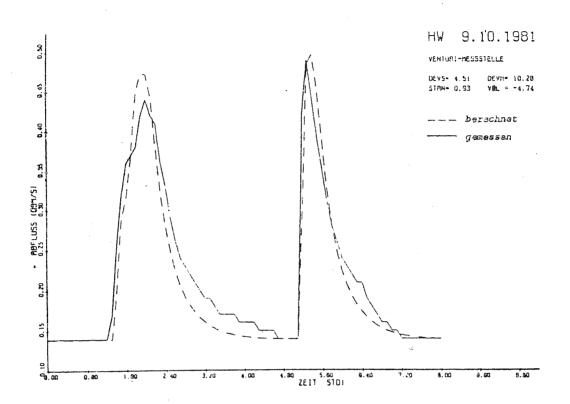
- Oberflächenlaufzeit ta = 1.0 min
- Fließzeit im Hauptsammler anhand des Abflusses bei Vollfüllung

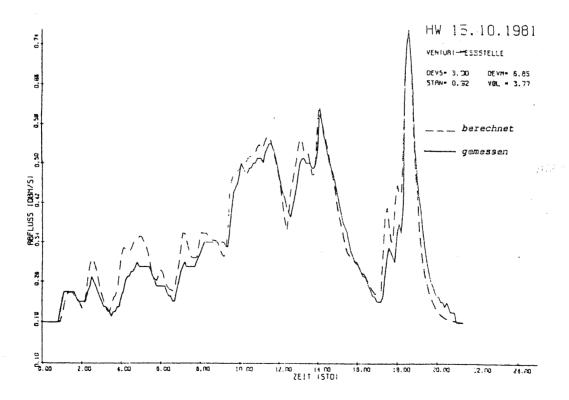
abgeschätzt wird.

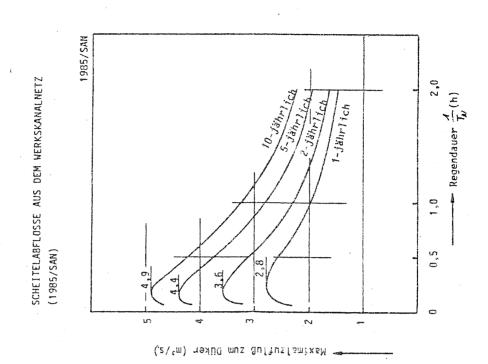
Berechnung	ngabela	piel f	uer BMK	K-Lehrgang	: EULBACH	- H H H	91 10 54 14 14 16	Regel	endauer TN	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	DVWK-Vtl	0 u	. 0,05)	## ### ###############################
Flaeche	FK1 (Ziorsha	(uasne			ш	DT = 0.0	0500 h	AE = 0	.4200 qkm	m Ab	/AE = 0.	46	
Abflussb1	11dung				Abf	Jusskonz	entra	tion						
hvob =] hvo =]	1.0 mm 2.0 mm 1.5 mm	ថា ថា ថា ស ល ល	I I I I I I I I I I I I I I I I I I I	0.90 0.07 0.45	n1 n2 n3	11 11 11 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	K1 K2 K3	= 0.05 = 0.25 = 0.00	0 h BE	ETA1 = 0. ETA2 = 0. ETA3 = 0.	850 150 000			
H	A>	Ubertra	agungaf	kt)I		Niederso	chlag)I <	**************************************		Abf luß	9		I <
Zeit h	U1 1/h	U2 1/h	U3 1/h c	UH :bm/s/mu	h m m	hNe 1 mm	hNe2 mm	hNe3 mm	01 cbm/s	02 cbm/s	Q3 cbm/s	QD cbm/s	QB cbm/s	Qqes cbm/s
0.0	00	00	0.00	. 0	0	0	0	. 0	00.	00		00.		00
0.	57	02	0.00	7 4	NN	0.	0,0	0,0	000	00.		00.		00.0
١,	0.4	29.	00.00	. rJ	ıv	ı.v.	0.	0	0.05	00.		.05		0.5
40	71	47	0.00	4	NR	r. r.	0.0	0.0	, 16 28	00			_	.16
m	27	7.9	0.00	-	.5	S	0.	0	, W	00.		.37		.37
~	0.665	0.907	0.000	0.082	0.55 0.55	0.00	0.04	0.00	0.428	0.007	0.000	0.436	0.00.0	0.436
₹:	1.5	.04	0.00	0 1	លេ	เก	0.0	0.0	47	.01		কু। কু।		64.
າທຸ	0.0	.05	0.00	. 0	ນໍ າບໍ	ນທຸ	. 0	0.0	4.4.	.01				.50
0,	0.0	50.	0.00	0,0	េច	ຜິກ	0.0	0.0	4.5	.02	•	12.0		.52
٠.	000	. 97	00.00	. 0	ຸ່ນ	ີ ພ	. 0	•	* 4. u Q	0.0		i in		450 80
. r. o	000	9.	0.00	0.0	ហេរ			0.0	4.4	0.04	•	n n		n v
. a	000		0.00	ت ر	່ທຸ	i ru		. 0	1 UN	0.55		. r.		.54
<u>ص</u> (00.	7.4	0.00	0,0	លំ	. S	0.	0.0	100 C	.05		un .		55.
mo,	30	9 6	0.00	, .	ာ့ဝ	Σ, EC		20		. o.		ာ စု ဂ ဇ		გე.
0	.00	56	0.00	٠.	0.	Ε,	-4	0:	.27	90.	•	E		.34
	00.	. 4.	0.00	\cdot	0,0	ж. Э	0.10 0.10	္ ့		.0. .08		9.5		.60
~	00.	- T	0.00	٠,	0.	æ (٠,	0.5	.77.	90.	•	.87		.87
(4 m	000	μ, ω,	0.00	\cdot	⊃, c;			్ ?		77.		2. g.		. ენა
	00.	.28	00.00	٠.	0	α,	. است	5	8	14		96.		66,
ক্র	000	2.0	00.0	\cdot	0,0	œ. œ.		00	go ao					.02
. (1)	00.	, ();	0.00			œ,	-	0.0	æ	18		0.		.04
2. (1) •	000		00.0		ינט'וע	4.4	0.0	0,0	4.	200		9.0		.61
• •	00.		0.00	. ~		₹.	0	0	0	.2]		. 26	•	.26
(- (-	00.	<u> </u>	00.00	٠,٠	rů r	4.4	. ၀	0.0	. 78	5.5		ŏ š		.84
. ω.	00.	õ	0.00		יטיי	4.	0		ัก	.22		7.	•	.75
ω, c	00.	0,0	00.0	٠. ١	ىرى بىر	₹. <			4. 4	2.5	•	2 2		. 70 . 68
1.95	50.	20.	0.00	<i>.</i> .	ប្រហ	. .	•••		4	. 20		9.0		.66

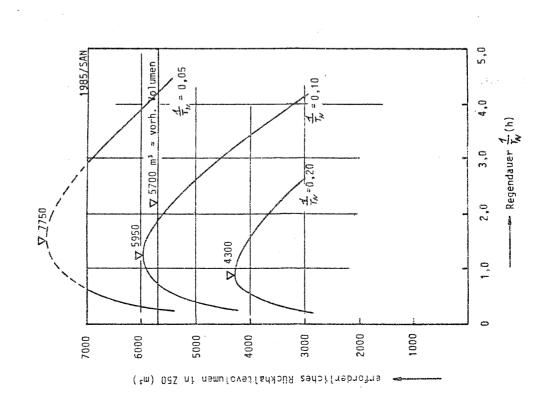
1.0 mm PSID = 0.90	ion 0.050 1 0.252 1 0.000 1 0.000 0.00	DETA BETA BETA BETA BETA 0 0 450 0 448 0 447 0 447 0 447	= 0.850 = 0.150 = 0.000 = 0.000	0D cbm/s 0.652	QB CDB/8	Qqes Qqes cbm/s 0.652
PSID = 0.90 PSIU = 0.07 PSIU = 0.07 PSIM = 0.45 UD2 U3 UH U2 U3 U5*mm mm U3 U5*mm mm U3 U5*mm mm U4 U5*mm mm U5	100n 0.050 0.052 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000	BETA BETA BETA BETA 01 0.450 0.447 0.447	= 0.850 = 0.150 = 0.000 = 0.0000 = 0.000 = 0.000 = 0.000 = 0.000 = 0.000 = 0.000 = 0.000 = 0.0000 = 0.000 = 0.0000 = 0.0000 = 0.0000 = 0.000 = 0.000 = 0.000 = 0.000 = 0.000 = 0.000 = 0.000 = 0.000 =	OD cba/ 0.65	Ci.p.i · ·	0.00 m / m / m / m / m / m / m / m / m / m
= 1.0 mm	K1 = 0.050 K2 = 0.252 K3 = 0.000 NNe3 mm nm 0.00 0.00 0.00	D1 01 00 0.450 0.448 0.447 0.447	2 0.000 10.0000 2 0.0000 10.0000 10.0000 10.0000 10.00000 10.00000 10.0000 10.0000 10.0000 10.0000 10.0000 10.0000 10.000	OD cbm/ 	CALL	00 des 652 des
It Ul U2 U3 UH hN hNel hN LODM/S*mm mm	hNe3 nm 0.00 0.00 0.00	Q1 ccbm/s 0.450 0.448 0.447 0.447	0 (a cb) 10.01 0.036	0D cbm/ 	CX 40 1 · · ·	Qqes Dm/as/ 1652
1t Ul U2 U3 UH hN hNel hN hNel hN hNel hN hNel hN hNel hN hNel h L/h L/h L/h L/h L/h L/h L/h L/h L/h L	hn na	81000 C	0 Cb	~ 1 10 tm r		0999 7 md 7 + 7 63.
000 0.000 0.048 0.000 0.001 0.50 0.45 0.000 0.000 0.000 0.45 0.000 0.001 0.50 0.45 0.000 0.001 0.50 0.45 0.000 0.001 0.50 0.45 0.000 0.001 0.50 0.45 0.000 0.001 0.50 0.45 0.000 0.000 0.000 0.50 0.45 0.000 0.000 0.000 0.50 0.45 0.000 0.000 0.000 0.50 0.45 0.000 0.000 0.000 0.50 0.45 0.45		. 450 . 448 . 448 . 447	0000	.65		100
105 0.000 0.042 0.000 0.001 0.50 0.45 0.10 0.000		. 448 0 744. 0 744.		.64	•	
15 0.000 0.031 0.000 0.001 0.50 0.45 0.25 0.000 0.0026 0.000 0.000 0.50 0.45 0.30 0.000 0.000 0.50 0.45 0.30 0.000 0.000 0.50 0.45 0.30 0.000 0.000 0.50 0.45 0.35 0.000 0.014 0.000 0.000 0.50 0.45 0.45 0.000 0.014 0.000 0.000 0.50 0.45 0.45 0.000 0.012 0.000 0.000 0.50 0.45 0.55 0.000 0.012 0.000 0.000 0.50 0.45 0.55 0.000 0.000 0.000 0.50 0.45 0.55 0.000 0.000 0.000 0.50 0.45 0.45	3	.447 0		c		2.
25 0.000 0.026 0.000 0.000 0.50 0.45 0.30 0.000 0.000 0.50 0.45 0.30 0.000 0.000 0.50 0.45 0.30 0.000 0.000 0.50 0.45 0.30 0.001 0.000 0.000 0.50 0.45 0.45 0.000 0.014 0.000 0.000 0.50 0.45 0.45 0.000 0.012 0.000 0.000 0.50 0.45 0.50 0.000 0.010 0.000 0.000 0.50 0.45 0.50 0.000 0.000 0.000 0.50 0.45 0.50 0.000 0.000 0.50 0.45 0.50 0.000 0.000 0.50 0.45 0.50 0.45 0.50 0.000 0.000 0.50 0.45 0.50 0.000 0.000 0.50 0.45 0.50 0.000 0.000 0.50 0.45 0.50 0.000 0.000 0.50 0.45 0.50 0.000 0.000 0.50 0.45 0.50 0.000 0.000 0.50 0.45 0.50 0.45 0.50 0.000 0.000 0.50 0.45 0.45		978	•	1.73		.62
25 0.000 0.023 0.000 0.000 0.50 0.45 0.30 0.000 0.000 0.50 0.45 0.30 0.000 0.000 0.50 0.45 0.30 0.000 0.000 0.50 0.45 0.45 0.000 0.012 0.000 0.000 0.50 0.45 0.45 0.000 0.012 0.000 0.000 0.50 0.45 0.55 0.000 0.000 0.000 0.50 0.45 0.50 0.000 0.000 0.50 0.45 0.50 0.000 0.000 0.50 0.45 0.50 0.000 0.000 0.50 0.45 0.50 0.000 0.000 0.50 0.45 0.50 0.000 0.000 0.50 0.45 0.50 0.45 0.50 0.000 0.000 0.50 0.45 0.50 0.45 0.50 0.000 0.000 0.50 0.45 0.45	0 0		0,	.61	•	61
.35 0.000 0.017 0.000 0.000 0.50 0.45 0.000 0.000 0.50 0.45 0.000 0.012 0.000 0.000 0.50 0.45 0.050 0.000 0.000 0.50 0.45 0.050 0.000 0.000 0.50 0.45 0.050 0.000 0.000 0.50 0.45 0.050 0.000 0.000 0.50 0.45 0.050 0.000 0.000 0.50 0.45 0.000 0.000 0.50 0.45 0.000 0.000 0.50 0.45 0.050 0.005 0.000 0.000 0.50 0.45 0.050 0.005 0.000 0.000 0.50 0.45 0.000 0.000 0.000 0.50 0.45 0.000 0.000 0.000 0.50 0.45 0.000 0.000 0.000 0.50 0.000 0.000 0.000 0.50 0.000 0.	20.0	.446. 0 7//	0 0	09.	•	w (
.40 0.000 0.014 0.000 0.000 0.50 0.45 0.45 0.000 0.012 0.000 0.000 0.50 0.45 0.50 0.000 0.012 0.000 0.000 0.50 0.45 0.55 0.000 0.010 0.000 0.000 0.50 0.45 0.55 0.000 0.000 0.000 0.50 0.45 0.55 0.000 0.000 0.000 0.50 0.45 0.50 0.000 0.000 0.50 0.45 0.75 0.000 0.005 0.000 0.000 0.50 0.45 0.75 0.000 0.005 0.000 0.000 0.50 0.45 0.75 0.000 0.005 0.000 0.000 0.50 0.45	0.0	.445				
.45 0.000 0.012 0.000 0.000 0.50 0.45 0.50 0.000 0.000 0.000 0.45 0.55 0.000 0.010 0.000 0.000 0.50 0.45 0.55 0.000 0.000 0.000 0.000 0.50 0.45 0.55 0.000 0.000 0.000 0.50 0.45 0.55 0.000 0.005 0.000 0.000 0.50 0.45 0.75 0.000 0.005 0.000 0.000 0.50 0.45 0.75 0.000 0.005 0.000 0.000 0.50 0.45 0.75 0.000 0.005 0.000 0.000 0.50 0.45 0.75	3 0.0	.446 0	0.	. 58	•	.58
.50 0.000 0.010 0.000 0.000 0.50 0.45 0 0.55 0.000 0.000 0.000 0.45 0 0.55 0.000 0.000 0.000 0.50 0.45 0 0.50 0.000 0.000 0.50 0.45 0 0.50 0.000 0.000 0.50 0.45 0 0.000 0.000 0.50 0.45 0 0.55 0.000 0.000 0.50 0.45 0 0.55 0.000 0.000 0.50 0.45 0 0.55 0.000 0.000 0.50 0.45 0 0.55 0.000 0.000 0.50 0.45 0 0.55 0.000 0.000 0.50 0.45 0 0.55 0 0.45 0 0.55 0 0.45 0 0.55 0 0.45 0 0.50 0.5	0.0	.446 0	0	.57	•	.57
	0.0	.446 0	0.0	. 17 		.57
.65 0.000 0.006 0.000 0.000 0.50 0.45 0 0.70 0.000 0.005 0.000 0.000 0.50 0.45 0 0.75 0.000 0.000 0.50 0.45 0 0.75 0.000 0.000 0.50 0.45 0	1 M	.446			000.0	٠. م
.70 0.000 0.005 0.000 0.000 0.50 0.45 0	3 0.0	.446 0	0	. 55		. 55
.75 0,000 0.005 0.000 0.000 0.50 0.45 0	3 0.0	.446 0	0.	. 55	•	.55
	0.0	.446	00	٠ ال	•	53.
.85 0.000 0.003 0.000 0.000 0.50 0.45 0	n m	.446	. 0	v. r.	0.000	. 7. 4. 4.
.90 0.000 0.003 0.000 0.000 0.50 0.45 0	3 0.0	.446 0	0.0	.54		.54
.95 0.000 0.002 0.000 0.000 0.50 0.45	m	.446 0.	094 0.000	0.540	0.00.0	₹.
Summen: 49.80 43.92 3.3		7858.	.0	: : : : : :	. 0	cbm

Vergleich von berechneten und gemessenen Ganglinien

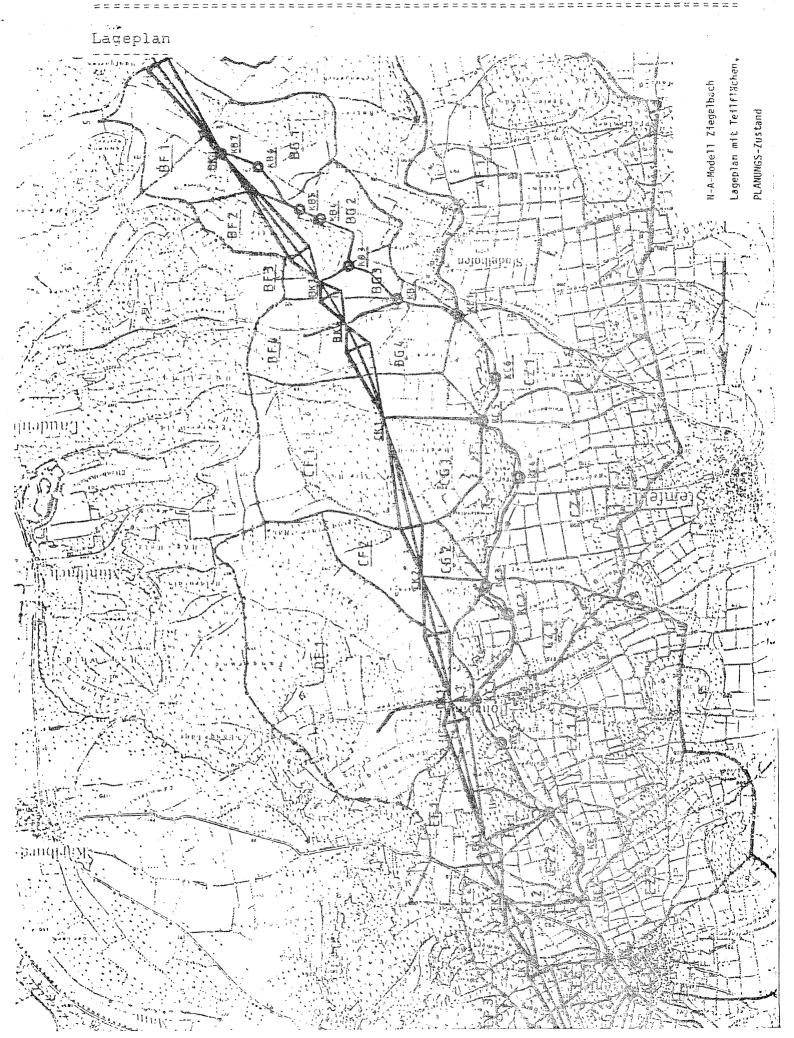




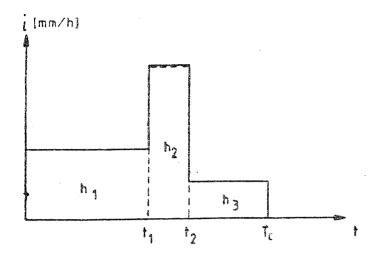




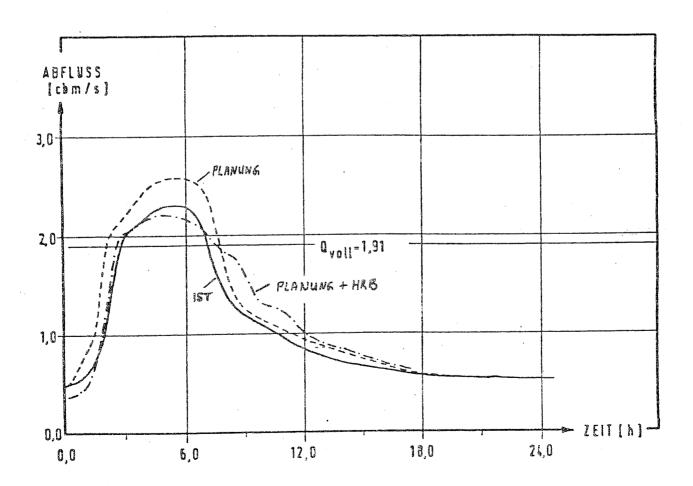
Abhängigkeit des Rückhaltevolumens von der N-Dauer



a) Modellregen für Prognose



b) Ganglinien zum Vergleich von IST- und PLANUNGS-Zustand



Beispiel für die notwendige Abgrenzung von Flächenund Gerinneabfluß (Ganglinien)

