Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 78 (1986)
Heft: 10

Artikel: Ingenieurhydrologische Hochwasserabschätzung
Autor: Taubmann, Karl-Christian
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940879

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 28.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Ingenieurhydrologische Hochwasserabschätzung

mit Hilfe der von Thiess modifizierten Methode nach Ven Te Chow

Karl-Christian Taubmann

Zusammenfassung

Dieser Beitrag stellt eine Vergleichsmethode zu bekannten Abschätzverfahren vor. Diese Methode eignet sich für die Hochwasserabschätzung in kleinen Einzugsgebieten ohne Abflussmessdaten und basiert auf einer parametrisch-statistischen Niederschlag/Abfluss-Modellvorstellung. Ein Berechnungsbeispiel zeigt den geringen Aufwand an Datenerhebung im Felde und Rechenarbeit, um zu realistischen Hochwassergrössen zur Bemessung von Wasserbauobjekten zu gelangen.

Résumé: Evaluation du débit maximal de crue à l'aide de la méthode hydrologique de Ven Te Chow, modifiée par Thiess

Cette publication présente une méthode de comparaison de méthodes connues pour l'évaluation du débit maximal de crue en petits territoires de drainage, dont les valeurs de mesurage du débit sont inconnues. Cette méthode se base sur la notion d'un modèle mathématique qui comporte des éléments paramétriques et statistiques et qui représente la connection entre la précipitation et le débit. Un exemple numérique montre dans quelle mesure on peut réduire le travail de relevé dans la nature ainsi que le travail de calcul. Grâce à cette méthode d'évaluation, il est possible d'obtenir des valeurs réelles de débit maximal de crue pour fixer les dimensions des constructions hydrauliques.

Summary: Hydrologic engineering evaluation of flood discharge in a small river using the Ven Te Chow method as modified by Thiess

This paper presents a method of comparison to known methods of evaluation. The method is particularly suitable for the evaluation of flood discharge in small drainage areas where no discharge measurements are available. It is based on the notion of a mathematical model with parametric and stochastic elements which correlates rainfall and discharge capacity. An example is given to show how few on site measurements need taking and how few calculations need making to obtain realistic values of maximum discharge for the dimensions of hydraulic constructions.

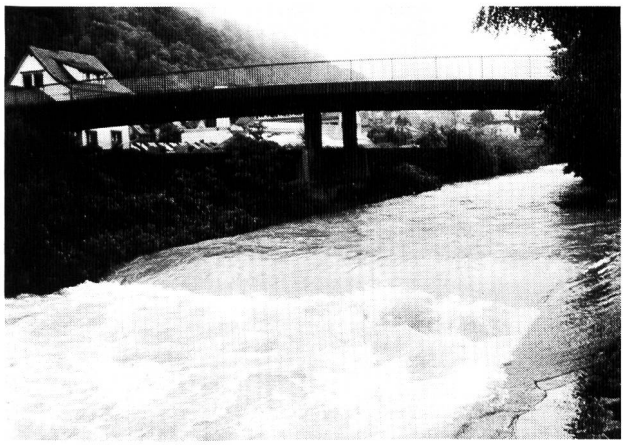
Einleitung

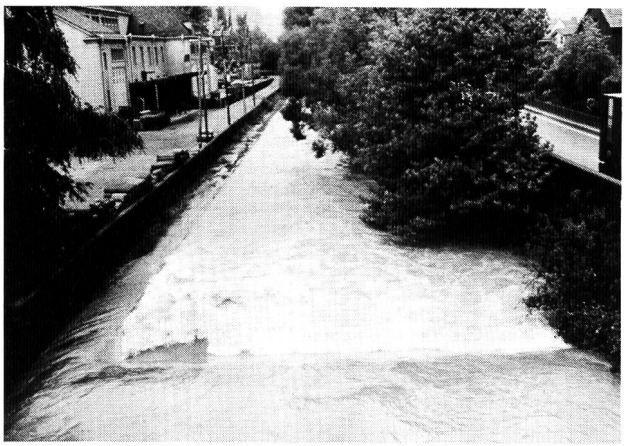
Die Abschätzung realistischer Bemessungshochwassergrössen ist aufgrund steigender Hochwasserschutzbedürfnisse notwendig, zumal die Hochwasserintensität in den letzten Jahrzehnten beträchtlich zugenommen hat (Bild 1). Dies aufgrund folgender Tatsachen:

– Zunehmende Versiegelung von Nutzflächen, insbesondere in städtischen Agglomerationen (Siedlungs-, Industrie- und Verkehrsflächen);
– abnehmendes natürliches Retentionsvermögen infolge Versteppung, durch fortschreitendes Waldsterben;
– zunehmende Erosionstätigkeit fliessenden Wassers in Form von Humusabtrag bis hin zum Murgang;
– abnehmende Reserveflächen für temporären Hochwasserrückhalt (natürliche Senken, Kiesgruben, Biotope) [6].

In kleinen Einzugsgebieten (zwischen 1 und 30 km²) von Fliessgewässern *ohne* Abflussmessdaten, jedoch *mit* bekannten Starkniederschlagswerten, drängt sich die Abschätzung realistischer Hochwasserabflussgrössen hinsichtlich Spitzenwert und Volumen in Form einer Bemessungsabflussganglinie auf, um finanziell tragbare und nicht zu riskante Schutzkonzepte realisieren zu können.
Bisher hat sich die Projektierungspraxis mit weitgehend empirischen Abschätzverfahren für kleine Einzugsgebiete begnügen müssen, was oft zu unrealistisch hohen Bemessungsgrössen geführt hat, die Extremlösungen auch bezüglich finanzieller Belastung betroffener Gemeinden und der Bundeskasse zur Folge hatten. Demzufolge sind Anstrengungen nötig, auf diesem Gebiet zuverlässigere Berechnungsgrundlagen zu schaffen.
Der Bemessungsspitzenabfluss $HQ_{x-j.}$ (zugeordnet einer bestimmten Wiederkehrperiode T) ist massgebend für die hydraulische Dimensionierung von zu korrigierenden Abflussgerinnequerschnitten (Gewässerausbau, -überleitung und/oder -umfahrung im Bereich von Abflussengpässen), speziell im Bereich von Gewässerkreuzungen mit Siedlungen (Eindolungen) oder Verkehrswegen (Brücken, Durchlässe) sowie bei Stauanlagen (Grundschwellen, Wehre, Talsperren) und Sonderbauwerken der Kanalisation.
Demgegenüber interessiert die Bemessungsganglinie $Q(t)_{x-j.}$ definierter Wiederkehrperiode im Zusammenhang mit ihrer Abflussfracht VQ beim Studium von Hochwasserrückhalte- bzw. Regenbecken von ausschliesslich lokaler Bedeutung, Gewässerausbau unter Beeinträchtigung der natürlichen Retention sowie Abschätzung der Abflussänderung durch zunehmende Versiegelung, Flurbereinigung usw. [6].

Bild 1. Hochwasserführung der Ergolz am 27. September 1984 am eidg. Limnigrafen Liestal. (Linkes Bild flussaufwärts gesehen, rechtes Bild flussabwärts.)





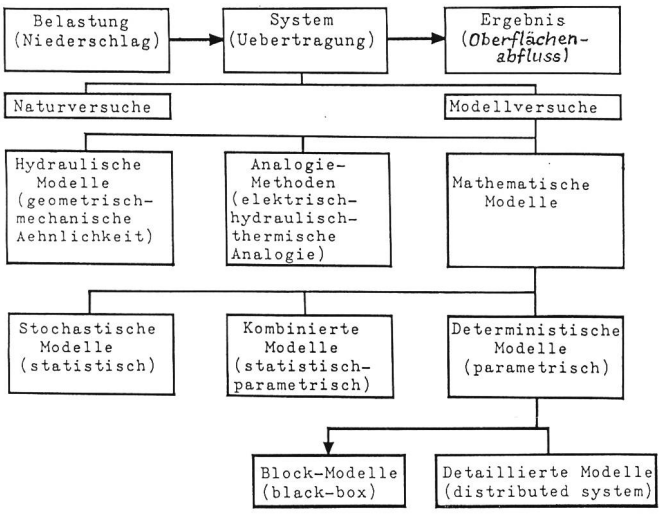


Bild 2. Einordnung der Hochwasserabschätzmethode in der Modellübersicht.

Einführung in die Hochwasserabschätzmethode nach Ven Te Chow, modifiziert von Thiess

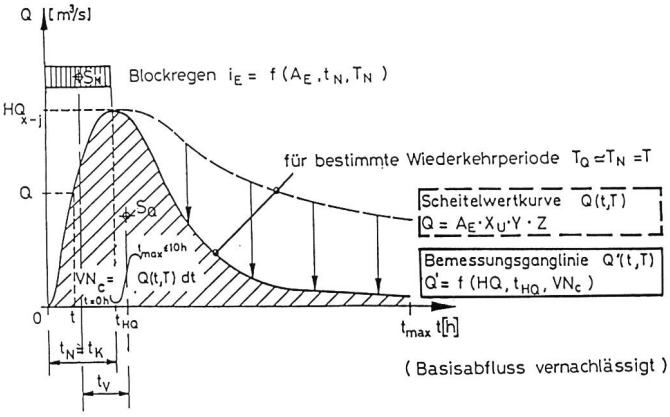
Zur ingenieurhydrologischen Terminologie

Es handelt sich bei dieser Abschätzmethode nicht um ein Ersatzverfahren für die bisher bekannten Methoden, sondern um eine Vergleichsmethode, deren Resultate eine bessere Eingabelung der Abschätzergebnisse anderer unabhängiger Methoden erlauben sollte.

Die gebräuchlichen, als bekannt vorausgesetzten, unabhängigen Abschätzmethoden umfassen:

- Empirische Schätzfunktionen,
- Fliess- bzw. Laufzeit- oder Flutplanverfahren,
- Statistische Extrapolationsmethode (Frequenzanalyse),

Bild 3. Begriffserklärungen zur Scheitelwertkurve und Bemessungsganglinie.



A_E	Einzugsgebietsfläche [km²]
f	Funktion von
i	Niederschlagsintensität [mm min^{-1}]
HQ	Hochwasserabfluss-Spitzenwert [m³s^{-1}]
Q (t, T)	Abflussgrössen der Scheitelwertkurve [m³s^{-1}]
Q' (t, T)	Abflussgrössen der Bemessungsganglinie [m³s^{-1}]
S_N	Flächenschwerpunkt des Blockregens
S_Q	Flächenschwerpunkt der Bemessungsganglinie
T_N	Wiederkehrperiode des Niederschlagsereignisses [a]
T_Q	Wiederkehrperiode des Abflussereignisses [a]
t_{HQ}	HQ zugeordnete Zeitspanne
t_K	Konzentrationszeit [h]
t_{max}	Maximalzeitraum [h]
t_N	Niederschlagsdauer [h]
t_V	Verweilzeit [h]
VN_C	Abflusswirksames Niederschlagsvolumen [m³]
X	Abflussfaktor [cmh^{-1}]
Y	Klimafaktor [1]
Z	Scheitelreduktionsfaktor [1]

- Zeit-Flächen-Diagramm mit Einzelspeicher (Isochronen) sowie
- Einheitsganglinienmethode.

Aus der Vielfalt von inzwischen für die Beurteilung grosser hydrologischer Einzugsgebiete entwickelten Hochwasserabschätzverfahren auf der Basis genügender Messdaten von Niederschlag und Abfluss soll im Rahmen dieses Beitrages ein kombiniertes Niederschlag/Abfluss-Modell vorgestellt werden, das sowohl parametrische als auch statistische Elemente enthält (Bild 2).

Das statistische Element bezieht sich auf die Einführung der Wiederkehrperiode eines bestimmten Hochwasserereignisses und damit des hydrologischen Risikos bzw. der Sicherheit für das auf ein Bemessungshochwasser zu dimensionierende Wasserbauobjekt definierter Lebensdauer.

Die parametrischen Elemente beziehen sich demgegenüber auf das mathematische Gleichungssystem mit im wesentlichen drei Unbekannten:

- dem Abflussfaktor X
- dem Klimafaktor Y
- dem Scheitelreduktionsfaktor Z

Generell-theoretische Behandlung der Haupteinflussgrössen der Basisbeziehung

Die Basisbeziehung der modifizierten Abschätzmethode lautet:

$$Q(t,T) = A_E \cdot X \cdot Y \cdot Z$$

Sie stellt ein Produkt der vorangenannten drei Unbekannten zusammen mit der Einzugsgebietsfläche dar und liefert die Scheitelwertkurve (Bild 3).

Von welchen nicht minder bedeutsamen Einflussgrössen hängen die einzelnen unbekannten Faktoren X, Y und Z ihrerseits ab und wie lassen sich diese quantifizieren?

Der Abflussfaktor X ist identisch mit der abflusswirksamen Niederschlagsintensität $i_C = hN_C/t$, bezogen auf hydrologisch-physiografische Verhältnisse von Urbana (Index U)/Illinois (USA), die denjenigen des betrachteten Einzugsgebietes (Index E) Zentraleuropas gleichgesetzt werden.

Demzufolge ist der Abflussfaktor seinerseits von folgenden Parametern abhängig:

$X = f(\bar{\alpha}, t, T)$

- Variable = Zeit t
- Konstante = Wiederkehrperiode T
- quasi Konstante = gemittelt komplexer Abflussbeiwert $\bar{\alpha}$

Diese Abhängigkeiten lassen sich mathematisch in die Form einer Regressionsgleichung kleiden, mit folgenden Gültigkeitsbereichen:

$$0{,}1 \leq t \leq 10 \text{ h}$$
$$5 \leq T \leq 100 \text{ a}$$
$$15 \leq \bar{\alpha} \leq 100$$

Dabei ist der sogenannte gemittelt komplexe Abflussbeiwert die am relativ unsichersten zu erfassende Einflussgrösse, die den physiografischen Verhältnissen des hydrologisch zu beurteilenden Einzugsgebietes Rechnung tragen soll. Für diese Quantifizierung ist eine möglichst umfassende Begehung des gesamten Einzugsgebietes nötig; sie bleibt aber auch dann nur abschätzbar [1 bis 4].

Der Klimafaktor Y resultiert aus dem Verhältnis der Niederschlagsintensität vom betrachteten Einzugsgebiet i_E zu derjenigen in Urbana i_U unter der stillschweigenden Annahme, dass die Wiederkehrperioden von Niederschlag und Abfluss identisch seien ($T_N \simeq T_Q$). Die Niederschlags-

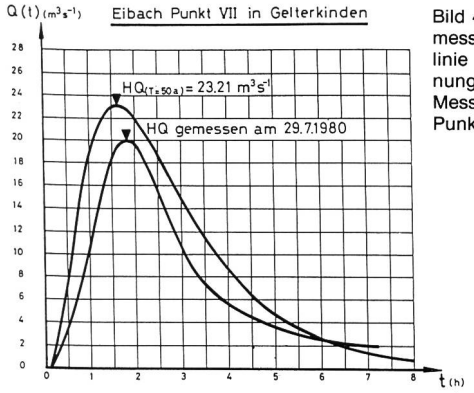


Bild 4. Beispiel einer gemessenen Abflussganglinie und ihre Nachrechnung (Analyse) für die Messstation Eibach Punkt VII in Gelterkinden.

intensität ist von der Niederschlagsdauer t_N abhängig. Der relativ grösste Oberflächenabfluss HQ aus einem physiografisch einigermassen homogenen und gleichmässig überregneten Einzugsgebiet ist dann zu erwarten, wenn die Niederschlagsdauer mindestens gleich der Konzentrationszeit ($t_N \geq t_K$) ist.

Dabei ist unter der Konzentrationszeit t_K die Versammlungszeit des abflusswirksamen Niederschlagswassers, also diejenige Zeitspanne zu verstehen, die für das am entferntesten Wasserscheidenpunkt auftreffende Niederschlagsquantum verstreicht, bis es am Berechnungspunkt ankommt [5]. Zur Abschätzung dieser Konzentrationszeit werden die aus der Gerinnehydraulik bekannten Fliessgesetze von *Chézy* und *Strickler* herangezogen. Dabei darf genügend genau Normalabfluss unter ausgeglichenem Sohlengefälle über eine Steil- und Flachstrecke des natürlichen Gewässergerinnes angenommen werden.

Demzufolge ist der Klimafaktor seinerseits von folgenden Parametern abhängig:

$Y = f\,(i,\ t_N \geq t_K,\ T,\ A_E,\ \bar{J})$

- Variable = Niederschlagsintensität i_E bzw. i_U
- Variable = Niederschlagsdauer T_N bzw. Konzentrationszeit t_K
- Konstante = Wiederkehrperiode T
- Konstanten = Einzugsgebietsfläche A_E, Gewässergerinnelänge L, gemitteltes Gerinnegefälle $\bar{J}$

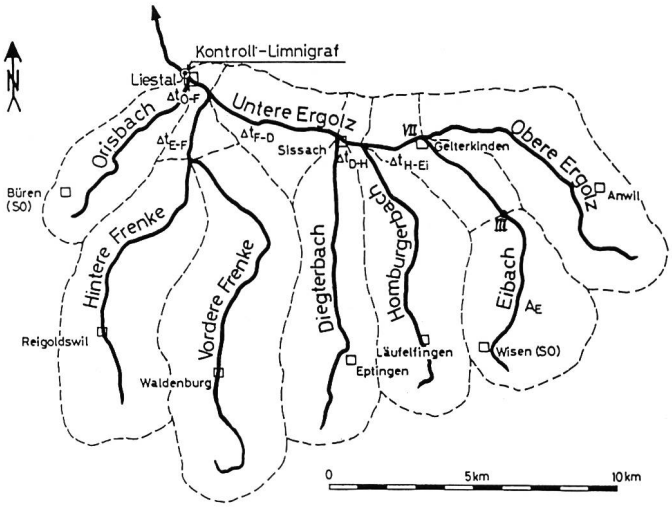
Folgende Gültigkeitsbereiche sind verbindlich:

$5 \leq T \leq 100a$
$1 \leq A_E \leq 300\ km^2$
$0{,}5 \cdot 10^{-3} \leq \bar{J} \leq 5 \cdot 10^{-2}$

Der Scheitelreduktionsfaktor Z stellt eine Art Zeitbeiwert des Fliesszeitverfahrens dar und trägt dem Umstand Rechnung, dass oft nur eine reduzierte Einzugsgebietsfläche überregnet wird. Der Niederschlag in Form von Regen gelangt zufolge einer natürlichen Retentionswirkung im inhomogenen Bodenmaterial, aber auch im Fliessgewässergerinne innerhalb des betrachteten Einzugsgebietes zeitlich verzögert zum Abfluss. Die Verweilzeit t_V für das in der Bodenmatrix und im Gewässergerinne zurückgehaltene Niederschlagswasser ist mangels abgeschlossener Feldstudien vorläufig nur mit Hilfe einer für Mittelgebirgscharakter aufgestellten, empirischen Exponentialfunktion abschätzbar. Eine Modifikation dieser Schätzbeziehung liegt aufgrund neuerer Untersuchungsergebnisse vor [2] und [3].

Demzufolge ist der Scheitelreduktionsfaktor seinerseits von folgenden Parametern abhängig:

Bild 5. Situation des Gesamteinzugsgebietes der Ergolz.



$Z = f\,(t/t_V,\ A_E,\ L,\ \bar{J})$

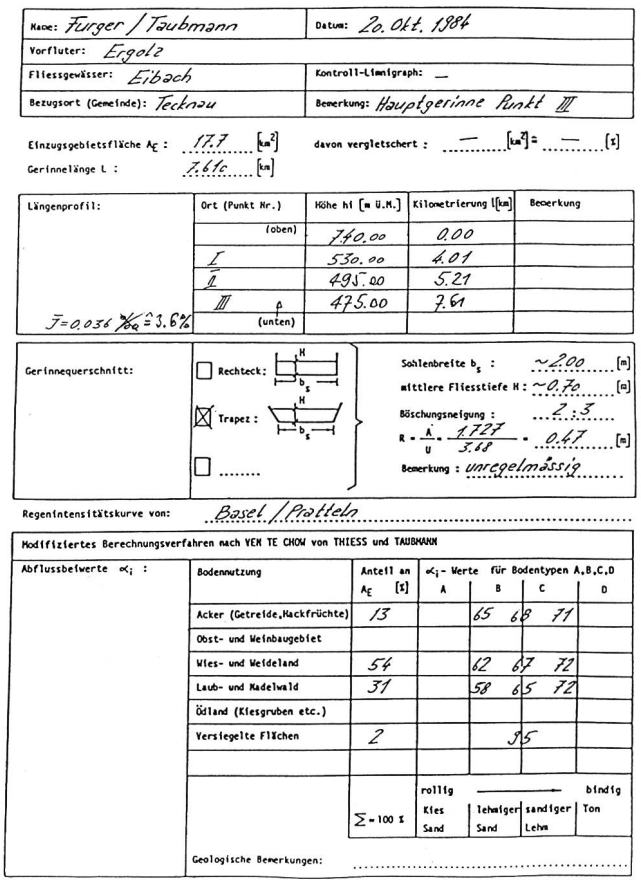
- Variable = Zeit t
- Variable = Verweilzeit t_V
- Konstanten = Einzugsgebietsfläche A_E, Gewässergerinnelänge L, gemitteltes Gerinnegefälle $\bar{J}$

Folgende Gültigkeitsgrenzen sind für die von *Thiess* modifizierte, logarithmische Funktion verbindlich:

$0{,}1 \leq t \leq 10\ h$
$1 \leq A_E \leq 3000\ km^2$

Mit Hilfe der Basisgleichung erhält man vorerst die Scheitelwertkurve Q (t). Diese weist einen realistischen Anstieg und

Bild 6. Beispiel einer Feldaufnahme für Hochwasserabschätzungen.



Name: Furger / Taubmann	Datum: 20. Okt. 1984
Vorfluter: Ergolz	
Fliessgewässer: Eibach	Kontroll-Limnigraph: —
Bezugsort (Gemeinde): Tecknau	Bemerkung: Hauptgerinne Punkt III

Einzugsgebietsfläche A_E: 17.7 [km²] davon vergletschert: — [km²] = — [%]
Gerinnelänge L: 7.61c [km]

Längenprofil:	Ort (Punkt Nr.)	Höhe hi [m ü.M.]	Kilometrierung l [km]	Bemerkung
	(oben)	740.00	0.00	
	I	530.00	4.01	
	II	495.00	5.21	
	III	475.00	7.61	
J=0.036 %/m ≙ 3.6%	(unten)			

Gerinnequerschnitt:
☐ Rechteck: H, b_s
☒ Trapez: H, b_s
☐ .....

Sohlenbreite b_s: ~2.00 [m]
mittlere Fliesstiefe H: ~0.70 [m]
Böschungsneigung: 2:3
$R = \frac{A}{U} = \frac{1.727}{3.68} = 0.47$ [m]
Bemerkung: unregelmässig

Regenintensitätskurve von: Basel / Pratteln

Modifiziertes Berechnungsverfahren nach VEN TE CHOW von THIESS und TAUBMANN

Abflussbeiwerte α_i: Bodennutzung	Anteil an A_E [%]	α_i-Werte für Bodentypen A	B	C	D
Acker (Getreide, Hackfrüchte)	13		65 68	71	
Obst- und Weinbaugebiet					
Wies- und Weideland	54		62 67	72	
Laub- und Nadelwald	31		58 65	72	
Ödland (Kiesgruben etc.)					
Versiegelte Flächen	2		75		
	Σ = 100 %	rollig: Kies Sand	lehmiger Sand	sandiger Lehm	bindig: Ton

Geologische Bemerkungen: .....

Bild 7. Zahlenbeispiel einer tabellarischen Hochwasserberechnung vom Teileinzugsgebiet des Eibaches (Synthese).

Gemeinde: Tecknau
Einzugsgebiet: Hauptgerinne Punkt III vom Eibach
Regenintensitätskurve: Basel / Pratteln
Kulturart: 31% Wald, 54% Wiese, 13% Acker, 2% bebaut

Kennwerte:

Bodentyp = B, C		$\bar{\alpha}(1)$ = 67.0		T(a) = 100			
A_E (km²) = 17.7		v_K (m/s) = 2.40		i_E (mm/min) = 0.91			
L (km) = 7.610		t_K (h) = 0.88		i_U (mm/min) = 1.24			
$\bar{J}$ (m/m) = 0.036		t_N (min) = 52.7		$Y = 2.54 \cdot \frac{i_E}{i_U}$ = 1.87			
H (m) = 0.70 (Diagr. 4)		t_V (h) = 2.35 (Diagr. 2.5)		$A_E \cdot Y (\neq 1)$ = 33.16			

1	2	3	4	5	6
t h	t/t_V [1]	Z [1]	X_U (cm·h²)	$Q_{(t;T)} = A_E X_U Y \cdot Z$	$Q'_{(t;T)}$ n. GL (159)
0.2	0.09	0.120	0.71	2.8	0.6
0.4	0.17	0.235	0.94	7.3	[illegible]
0.6	0.26	0.330	1.03	[illegible]	6.1
0.8	0.34	0.408	[illegible]	16.6	4.0
1.0	0.43	0.474	0.51	16.2	2.6
1.2	0.51	[illegible]	0.48	15.9	1.7
1.4	[illegible]	1.00	0.43	14.3	0.7
1.6	2.98	1.00	0.40	13.3	0.3
3.0	3.40	1.00	0.37	12.3	0.12
10.0	4.26	1.00	0.34	11.3	0.02

t_{HQ} = 1.4 [h] HQ = 20.7 [m³/s]

Scheitelwert zum zugeordneten Zeitwert t_{HQ} auf, so dass dieser Abschnitt zum festen Bestandteil der Bemessungsganglinie Q' (t) erklärt werden kann. Der Abstieg fällt jedoch zu flach aus. Daraus folgt, dass die Fläche unter der Scheitelwertkurve ein Abflussvolumen VQ liefert, das grösser als das abflusswirksame Niederschlagsvolumen VN_C ausfällt (Bild 3). Diesem Widerspruch kann nur durch eine Korrektur in Form einer Abminderung der Scheitelwertkurve auf die Bemessungsganglinie begegnet werden. Unter Einhaltung der drei massgebenden Parameter HQ, t_{HQ} und VN_C = VQ hat *Feltrin* eine *Euler*-Funktion gewählt, die typische, registrierte Abflussganglinien einzukleiden erlaubt (Bild 4).

Methodisch-praktische Anwendung der Abschätzmethode anhand eines Zahlenbeispiels für den Eibach als Teileinzugsgebiet der Ergolz

Anhand des für ein Teileinzugsgebiet des Eibaches, eines Nebengewässers der Ergolz, durchgeführten Zahlenbeispiels soll der geringe Aufwand an Eingabedaten, Rechengeräten und Zeit vor Augen geführt werden (Bilder 5 bis 8).

Welche Vorarbeiten sind vor Inangriffnahme der tabellarischen Berechnung der Bemessungsganglinienkoordinaten zu leisten?

(A) Abgrenzung des Gesamteinzugsgebietes bzw. der Teileinzugsgebiete bis zum Berechnungspunkt (Engpass, Mündung in Vorfluter) auf Landeskarte 1:25000 o.ä.;

(B) Wahl der nächstgelegenen Regenintensitätskurve der EAWAG und/oder der Starkniederschlagsstatistik der EAFV, Festlegung der Wiederkehrperiode [7 und 8];

(C) Begehung der Teileinzugsgebiete zur Ermittlung der Kulturarten bzw. Bodennutzung, Bodenarten, geologischer Grund- und Oberflächenwasserverhältnisse (Bild 6);

(D) Bestimmung des mittleren Gewässergerinnegefälles für höchstens zwei Abschnitte (Steil- und Flachstrecke) aus Längenprofilen mit Hilfe der Landeskarte o.ä. (Bild 6);

(E) Abschätzung der Abflusskonzentrationswerte nach mittlerer Fliessgeschwindigkeit und Konzentrationszeit;

(F) Eine erste Annahme $t_N = t_K$ führt zur Bestimmung der Regenintensitäten im betreffenden Teileinzugsgebiet sowie in Urbana/Illinois;

(G) Ermittlung der Verweilzeit;

(H) Einstieg in die Tabellenrechnung (Muster Bild 7).

Welche Schritte sind zur Berechnung der Scheitelwertkurve und der Bemessungsganglinie notwendig?

(a) Zur Variablen «Zeit» in 20 vorgegebenen Grössen (Spalte 1) sind die Verhältniswerte t/t_V (Spalte 2) zu berechnen;

(b) Mit Hilfe von Diagramm 4 [4] sind die Scheitelreduktionsfaktoren $Z = f(A_E, t/t_V)$ (Spalte 3) zu ermitteln;

(c) Mit Hilfe von Diagramm 2.5 [4] sind die Abflussfaktoren $X_U = f(\bar{\alpha}, t, T)$ (Spalte 4) zu bestimmen (gewählt T = 100 Jahre);

(d) Das Verhältnis zwischen den Regenintensitäten i_E und i_U liefert über einen konstanten Faktor den konstanten Klimafaktor $Y = f(i, t_N = t_K, T)$, zu multiplizieren mit der Einzugsgebietsfläche A_E (über Spalte 6);

(e) Das Produkt $A_E \cdot X_U \cdot Y \cdot Z = Q(t, T)$ liefert punktweise die Scheitelwertkurve mit den für die Bemessungsganglinie massgebenden Grössen $HQ_{x-j.}$ und t_{HQ} (aus Spalten 5 und 1);

(f) Mit Hilfe von Diagramm 5 [4] sind $hN_C = f(hN_E = i_E \cdot t_N \bar{\alpha})$ als wirksame Niederschlagshöhe und daraus das wirksame Niederschlagsvolumen $VN_C = hN_C \cdot A_E$ zu ermitteln;

(g) Zusammen mit $HQ_{x-j.}$ und t_{HQ} sowie e² liefert VN_C die Verhältniszahl C', die auf den nach *Feltrin* näherungsweise mit Diagramm 6 [4] bestimmbaren Exponenten μ schliessen lässt;

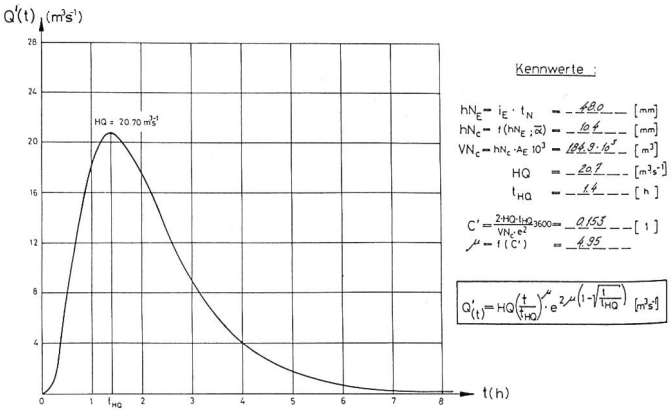
(h) Damit ist die Bemessungsganglinie Q' (t, T) punktweise berechenbar (Spalte 6) und in Bild 8 dargestellt [4].

Vorgehen bei zusammengesetzten, komplexen Einzugsgebieten

Auf der Grundlage der für Teileinzugsgebiete eines grösseren Flussgebietes in der vorangestellten Art und Weise ermittelten Einzelbemessungsganglinien, bei denen eine gleichmässige Überregnung und physiografische Homogenität vorausgesetzt wird, kann das Superpositionsprinzip angewendet werden.

Die einzelnen Abflussganglinien kommen zeitverzögert zur Wirkung. Am Beispiel des Gesamteinzugsgebietes der Ergolz (Bild 5) sind die Einzelganglinien ihrer Nebengewässer, bezogen auf deren Mündungspunkte, um die Fliesszeitdifferenz Δt_{x-y} im Vorfluter Ergolz, auf der Abszisse verschoben, zu überlagern. Es muss dabei mit dem tiefstgelegenen Teileinzugsgebiet und seiner zugeordneten Abflussganglinie im Koordinatenursprung bzw. Nullpunkt der Gesamtfunktion Q' (t, T) begonnen werden [4].

Bild 8. Auswertung des Zahlenbeispiels bis zur Bemessungsganglinie des Eibaches (Synthese).



Hauptparameter	Streubandbreite	Fehler bezogen auf Mittelwert
Teileinzugsgebietsfläche	$\Delta A_E = \pm 3\ km^2$	$\pm$ 8 %
Hauptgerinnelänge	$\Delta L = \pm 1$ km	$\pm$ 2,5 %
Hauptgerinnegefälle	$\Delta \bar{J} = \pm 5$ ‰	$\pm$ 5 %
Fliesstiefenmittel	$\Delta H = \pm 0{,}5$ m	$\pm$ 3 %
Abflussbeiwert	$\Delta \bar{\alpha} = \pm 5$	$\pm$ 30 %

Bild 9. Fehlerprozente infolge willkürlich angenommener Streubandbreiten für die Hauptparameter gemäss [4].

Bild 10. Übersicht über die Vor- und Nachteile der Hochwasser-Abschätzmethode.

Vorteile	Nachteile
Verknüpfung von einem deterministischen mit einem stochastischen Modellansatz (Blockmodell mit Wiederkehrzeit)	Unübersichtlichkeit des Einflusses einzelner Parameter
Aufwand an Eingabedaten, Rechenhilfsmitteln und -zeit selbst bei Variantenstudien gering	Wiederkehrperiode des Niederschlags – gleich derjenigen des Abflussereignisses $T_N = T_Q$
Begehung des Einzugsgebietes schärft Beobachtung und Erfahrung im Umgang mit Abflussbeiwerten	Blockregen konst. angenommen (i_E = c; $hN_C \neq$ const.)
Anwendung auf kleine Einzugsgebiete ohne Abflussmessdaten Normalfall: 1 bis 30 km² Superpositionsfall: bis 300 km²	Einschätzung der mittleren physiografischen Beschaffenheit des Einzugsgebietes in Abflussbeiwerten
	Anwendungsgrenzen: beispielsweise ohne Gletscher- und Schneeregion
	Fehlerempfindlichkeit von Abflussbeiwerten auf Bemessungshochwassermengen [4]

Folgerungen für die ingenieurhydrologische Projektierungspraxis

Fehlerbetrachtung für massgebende Parameter

Um die Stärken und Schwächen dieser Vergleichsmethode zur Hochwasserabschätzung kennenzulernen, ist es von Interesse, welche massgebenden Einflussgrössen welchen Fehlereinfluss mit was für einer Streubandbreite der Ergebnisse aufweisen [1 bis 4]. Bei Fehleinschätzungen des gemittelt komplexen Abflussbeiwertes kann sich das beträchtlich auf den Abflussfaktor und den Hochwasserscheitelwert auswirken. Demgegenüber sind die Fehlereinflüsse der übrigen massgeblichen Parameter (A_E, H, $\bar{J}$, L) als nahezu vernachlässigbar anzusehen. Fehler bei der Bestimmung dieser Parameter wirken sich praktisch nie kumulativ auf das Scheitelwert- bzw. Ganglinienergebnis aus (Bild 9).

Vor- und Nachteile der Abschätzmethode sowie notwendige Verbesserungen

Auch bei dieser vorgestellten Hochwasserabschätzmethode werden Vorteile durch Nachteile erkauft (Bild 10): Weil der gemittelt komplexe Abflussbeiwert das schwächste Glied in der Kette zur Ermittlung der Bemessungsganglinie ist, konzentrieren sich notwendige Verbesserungen in erster Linie auf eine möglichst umfassende und damit zuverlässigere Erfassung der physiografischen Beschaffenheit eines Einzugsgebietes. Weitergehende Feldstudien in typischen Landwirtschafts- und Waldgebieten des Kantons Baselland haben in dieser Beziehung sowohl qualitative als auch quantitative Erkenntnisse gebracht, dies dank der Einsatzfreude verschiedener Bauingenieurstudentengruppen bei Feldübungen und Studienverlegungswochen.

Die zweckforschungsgebundene, erspriessliche Zusammenarbeit zwischen dem Basler Ingenieurbüro Gnehm & Schäfer AG, dem Geographischen Institut der Universität Basel, dem kantonalen Tiefbauamt Baselland, der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg und der Ingenieurschule beider Basel erbrachte bereits Verbesserungen an der vorgestellten Vergleichsmethode.

Literatur

[1] *Ven Te Chow:* Hydrologic Determination of Waterway Areas for the Design of Drainage Structures in Small Drainage Basins; Bull. No. 462 Univ. of Illinois USA (1962)

[2] *Thiess N.R.:* Ermittlung von Bemessungsganglinien für kleine Einzugsgebiete nach *Ven Te Chow;* Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe (1975)

[3] *Thiess N. R.:* Grundlagen zur Aufstellung synthetischer Bemessungsganglinien; Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe (1984)

[4] *Taubmann K.-C.* und *Thiess N.R.:* Ingenieurmässige Anwendung verschiedener Hochwasserabschätzmethoden auf kleine und zusammengesetzte, komplexe Einzugsgebiete am Testbeispiel der Ergolz; Eigenverlag (1984): für 25 Franken zuzüglich Versandspesen beim erstgenannten Autoren erhältlich

[5] *Dyck S.* und *Peschke G.:* Grundlagen der Hydrologie; Verlag Ernst und Sohn, Berlin-München (1983)

[6] Autorenkollektiv c/o Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK): Regeln zur Wasserwirtschaft, Hefte 112 und 113: Arbeitsanleitung zur Anwendung von Niederschlag/Abfluss-Modellen in kleinen Einzugsgebieten; Teil 1 (Heft 112) Analyse (1982), Teil 2 (Heft 113) Synthese (1984), Verlag P. Parey, Hamburg und Berlin

[7] *Hörler A.* und *Rhein H. R.* c/o Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG): Die Intensitäten der Starkregen in der Schweiz. «Schweiz. Bauzeitung» Heft 32 (1961: Kurzfassung) und «Schweiz. Zeitschrift für Hydrologie» Vol. XXIV, Fasc. 2 (1962)

[8] *Zeller J., Geiger H.* und *Röthlisberger G.* c/o Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen (EAFV): Starkniederschläge der Alpen- und Alpenrandgebiete. Eigenverlag Birmensdorf ZH (Bd. 6, 1983)

Überarbeitetes Referat, am 5. September 1984 gehalten im Rahmen einer Weiterbildungsveranstaltung im Ingenieurbüro Basler + Hofmann AG, Zürich.

Adresse des Verfassers: *Karl-Christian Taubmann,* Dr. sc. techn., Dozent, Bruderholzrain 56, CH-4102 Binningen.
Übersetzung: *G. Aspin;* Fotos: *K.-C. Taubmann*

Niederschlag in der Schweiz

Boris Sevruk

Die Hydrologische Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft setzte im Jahre 1982 eine Arbeitsgruppe «Niederschlag» ein, mit dem Ziel, den gegenwärtigen Stand des Wissens über Niederschlag in der Schweiz in einem Bericht zusammenzufassen [1]. Zusätzlich wurde die Arbeitsgruppe beauftragt, ein Seminar über den Niederschlag in der Schweiz zu veranstalten. Der Bericht ist im Frühjahr 1985 erschienen, und das Seminar fand am 21. Oktober 1985 in Zürich statt.

Der Bericht gibt in 22 Beiträgen Auskunft über Niederschlagsmessung und Forschung in der Schweiz. Thematisch ist der Bericht auf die für die Mehrheit der Benützer der Niederschlagsdaten wichtigen Problemkreise ausgelegt. Diese umfassen ein breites Spektrum, von den Messproblemen über Gebietsniederschläge, Hagel, Statistik und der Niederschlagsprognose bis zu der Tropfengrösse und den Umweltisotopen im Niederschlag. Es wurde aber nur über Fachgebiete berichtet, die in der Schweiz bearbeitet werden. Somit sind einige wichtige Fragen nur am Rande behandelt worden, wie z.B. Messnetzdimensionierung und Niederschlagsmodellierung. Trotzdem ist das behandelte Material umfangreich. Es gliedert sich in neun Themakreise,

[1] «Der Niederschlag in der Schweiz». Herausgegeben von *B. Sevruk.* Beiträge zur Geologie der Schweiz – Hydrologie Nr. 31. Kümmerli & Frey, Bern, 1985, 278 S., Format A4, broschiert 40 Franken.