
Hydrologie und Flussgebietsmanagement

o.Univ.Prof. DI Dr. H.P. Nachtnebel

Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiver Wasserbau

The bottom right corner of the slide features a decorative graphic of several concentric, light blue circles of varying sizes, resembling ripples on water. These circles are arranged in a cluster, with some overlapping, and are positioned in the lower right quadrant of the slide, below the text and above the bottom horizontal line.

Gliederung der Vorlesung

- Statistische Grundlagen
- Extremwertstatistik
- Korrelation und Regression
- Zeitreihenanalyse und Anwendung
- Regionalisierung & räumliche Interpolation
- Bodenwasserhaushalt
- Grundwasserhaushalt
- N-A Modelle – Einheitsganglinie
- **N-A Modelle – kombinierte Translations- und Speichermodelle**
- Kontinuierliche N-A Modelle
- Retention und Flood Routing
- Hydrologische Vorhersagen
- Flussgebietsmodelle
- Stofftransport
- Sedimenttransport – Modellierung
- Flussgebietsmodelle

Grundlagen

➤ Einteilung

- Black Box Modelle
 - Allgemeine Vorstellungen, „Erfahrungen“
 - System als undifferenzierte Einheit, Einzugsgebiet ohne Differenzierung
 - Algebraische Gleichungen, lineare, nicht lineare Gleichungen
 - Unit Hydrograph
- **Konzeptive Modelle**
 - Wirkungsweise bestimmter Phänomene, B: Speicherung
 - Teilprozess oder Teilsystem, der dem zu beschreibenden Phänomen entspricht, B: hydrologisch einheitliche Zonen
 - Speichermodelle
 - Kombinierte Modelle
- Flussgebietsmodelle
 - Physikalisch basiert
 - Grundgleichungen der Wasserbewegung

Kritik am Einheitsganglinienverfahren

- Die Annahme einer gleichmäßigen Überregnung innerhalb eines Zeitintervalls entspricht nicht der Realität
- Die Systemantwort ist zeitlich veränderlich
- Die wichtigsten Abflussprozesse sind Translation und Retention und sollten getrennt berücksichtigt werden

Kombinierte Modelle

➤ Basis

- Untergliederung des Abflussbildungsprozesses in
 - Translation
 - Retention

Translation = zeitliche Verschiebung des Effektivniederschlags zum Gebietsauslass

Retention = Dämpfung (Reduktion der Spitze) und zeitliche Verschiebung des Abflusses

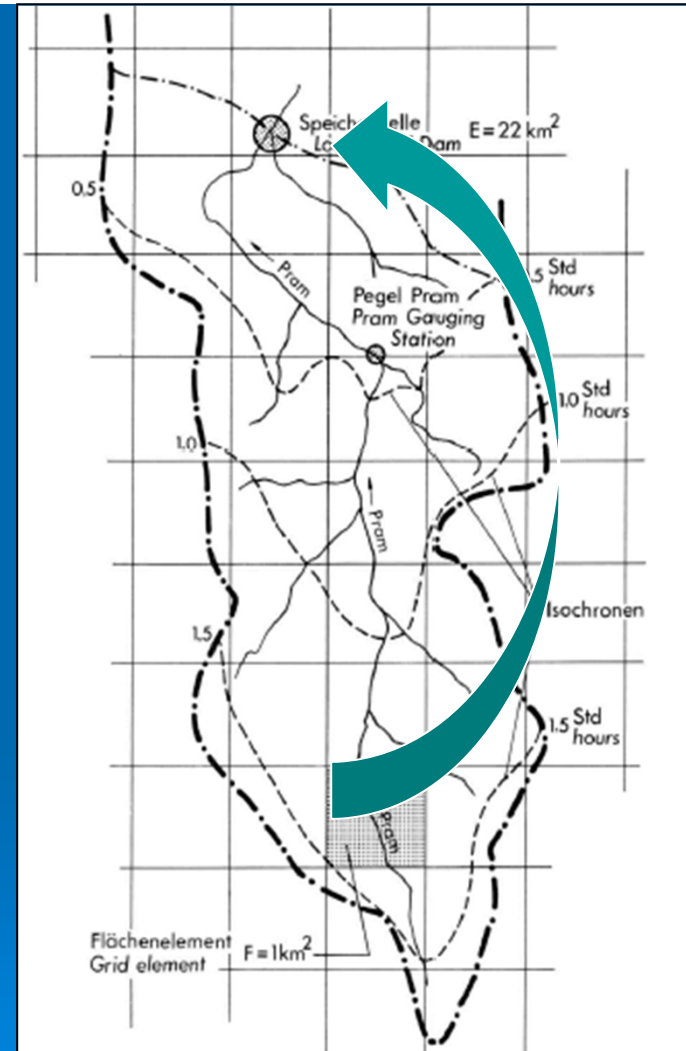
➤ Verfahren - Beispiele

- HYREUN-Verfahren (Hydrological Research Unit)
- CLARK-Verfahren
- Vorgehensweise
 - Translation über Zeitflächendiagramm
 - Retention über linearen Einzelspeicher

HYREUN-Verfahren

➤ Translation

- Einzugsgebiet in Rasterelemente zerlegt:
- Für jedes Rasterelement kann ein anderer Niederschlag und eine vom Boden abhängige Berechnung des Effektivniederschlages erfolgen
- Translation über die Fließzeit
- Retention über einen virtuellen Speicher am Gebietsauslass



Die Bemessung von Hochwasserrückhaltebecken unter besonderer Berücksichtigung der Erstellung von Bemessungswellen am Beispiel des Kopfspeichers Pram

Fließformeln

➤ Ergebnis

- Isochronen: Verbindung von Punkten gleicher Fließzeit

➤ Kirpich (US Soil Conservation Service)

$$t_c = 0,0663 * L^{0,77} * J^{-0,385}$$

t_c ... Konzentrationszeit

L ... Länge des betrachteten Flussabschnittes [km]

J ... Gefälle

➤ Hang-Gerinne-Formel

$$t_c = 0,02 * L_G^{0,77} * J_G^{-0,385} + \left(2k_M * \frac{L_F}{J_F} \right)^{0,467}$$

k_M ... Oberflächenrauigkeit

L_G ... Länge des Gerinneabschnittes [m]

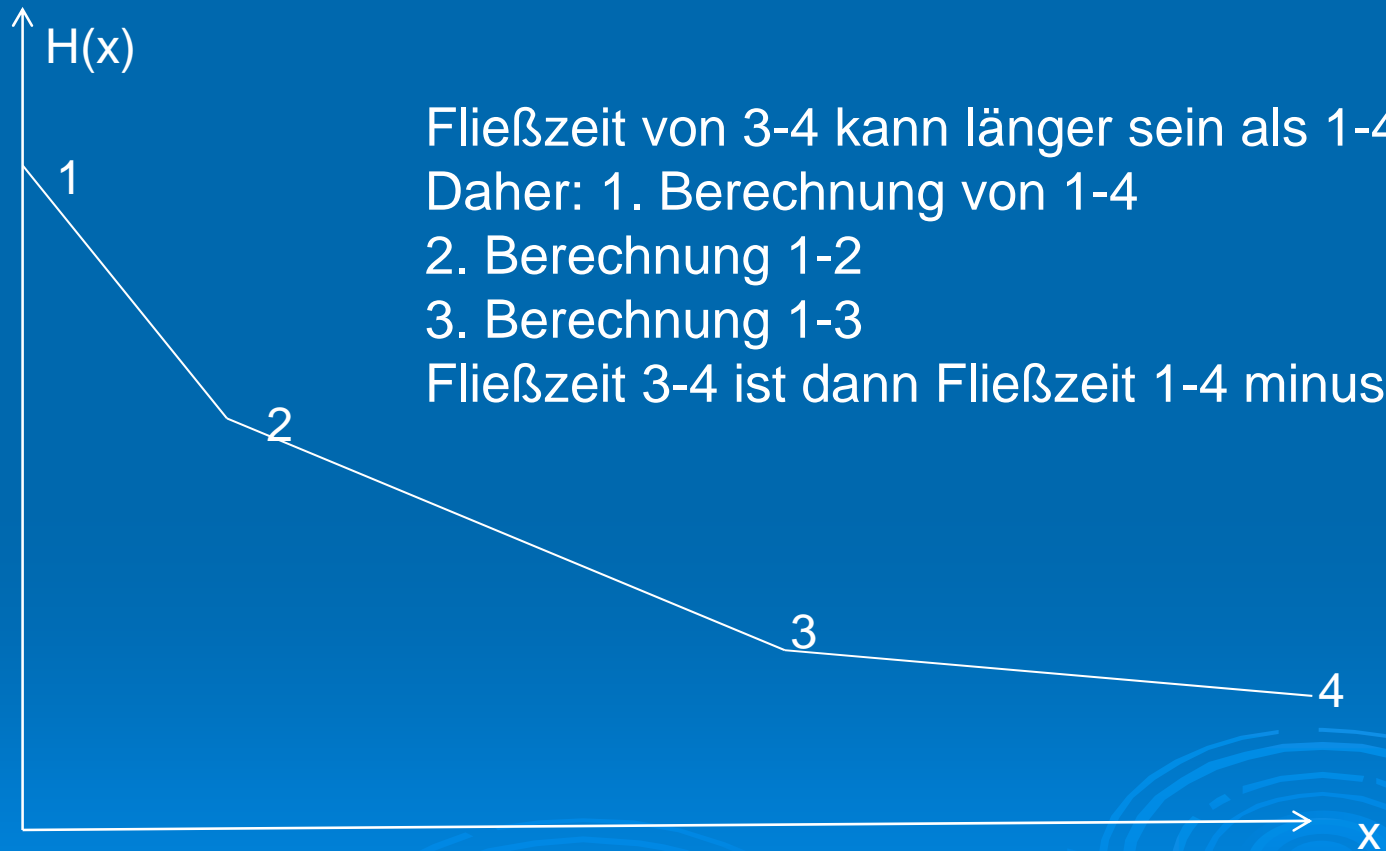
L_F ... Länge des Geländes [m]

$J_{G/F}$.Gefälle Gerinne / Gelände

Translation

Formel	Verfasser, Bemerkungen
$t_c = 0,0663 L^{0,77} J^{-0,385}$	Kirpich
	$t_L = 0,057 L^{0,8} \cdot J^{-0,5} ([1/CN] - 9)^{0,7}$
	$t_c \approx 1,67 t_L$ für bebaute Gebiete,
	$t_c \approx 2,0 t_L$ für natürliche Gebiete,
	SCS-Lag-Formel, $t_c = 1,67 t_L$,
	CN nach Tab. 6.4, $A_{E0} < 8 \text{ km}^2$
$t_L = 0,342 L^{0,8} (1000/CN - 9)^{0,7} J^{-0,5}$	Kerby/Hathway
$t_c = 1,8258 L^{0,47} k_M^{0,47} J^{-0,235}$	Carte
$t_c = 0,09765 L^{0,6} \cdot J^{-0,3}$	kinematische Welle
$t_c = 9,2184 L^{0,6} k_M^{0,6} I_W^{-0,4} J^{-0,33}$	

Besonderheiten bei der Fließzeitberechnung



Fließzeit von 3-4 kann länger sein als 1-4
Daher: 1. Berechnung von 1-4
2. Berechnung 1-2
3. Berechnung 1-3
Fließzeit 3-4 ist dann Fließzeit 1-4 minus 1-3

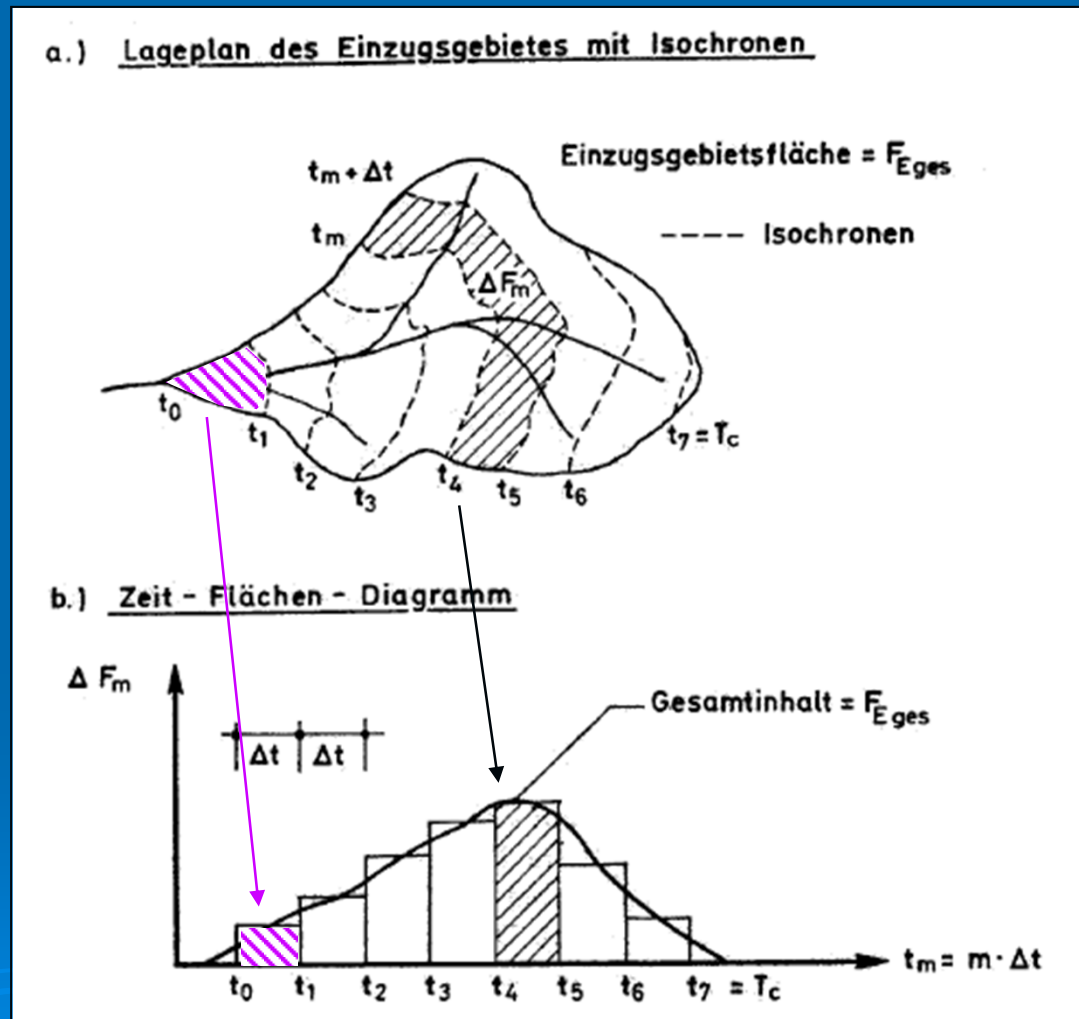
Zeitflächendiagramm

➤ Vorgehensweise

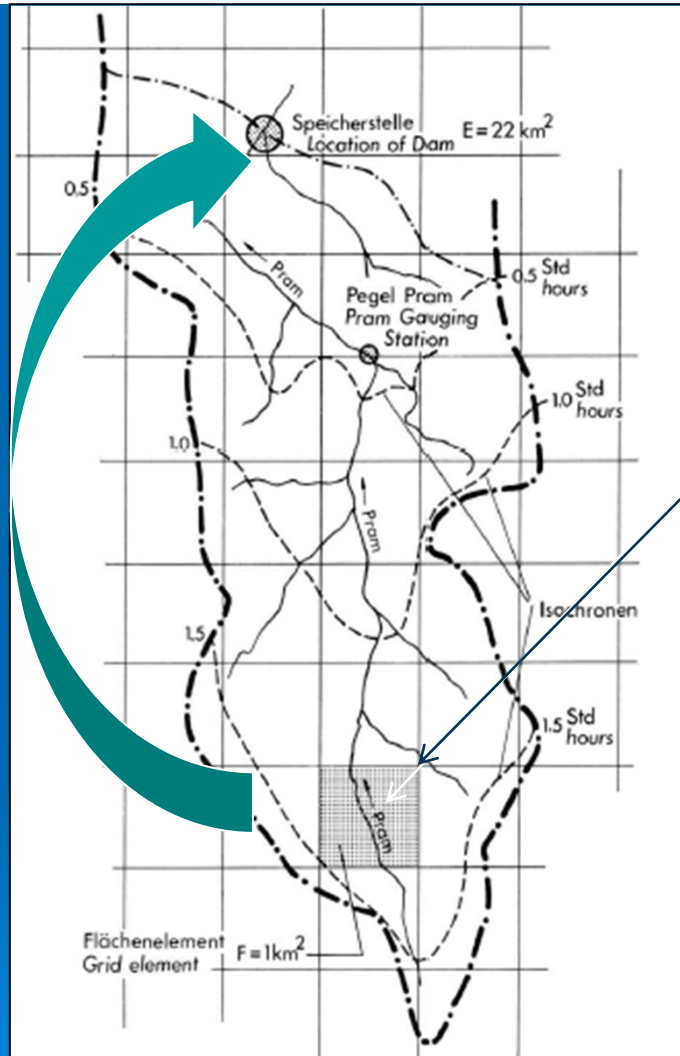
- Planimetrieren der Flächen zwischen den Isochronen
- Übertragen der Flächen auf eine Zeitachse

➤ Aussage

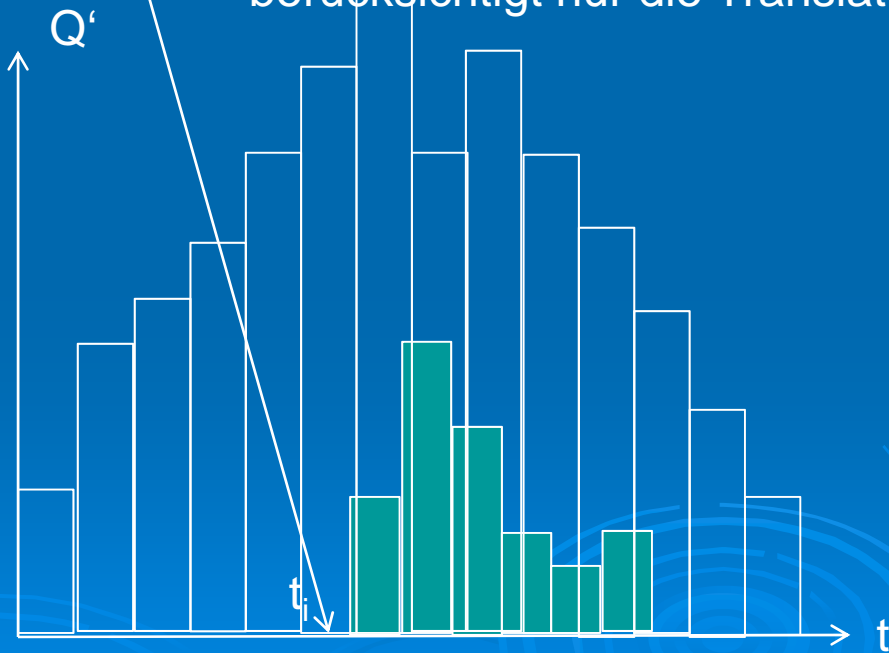
- Abflusskonzentration des Einheitsniederschlages
- Skalieren und Superposition → Abflusskonzentration



Erweiterung des Z-F-Diagramms

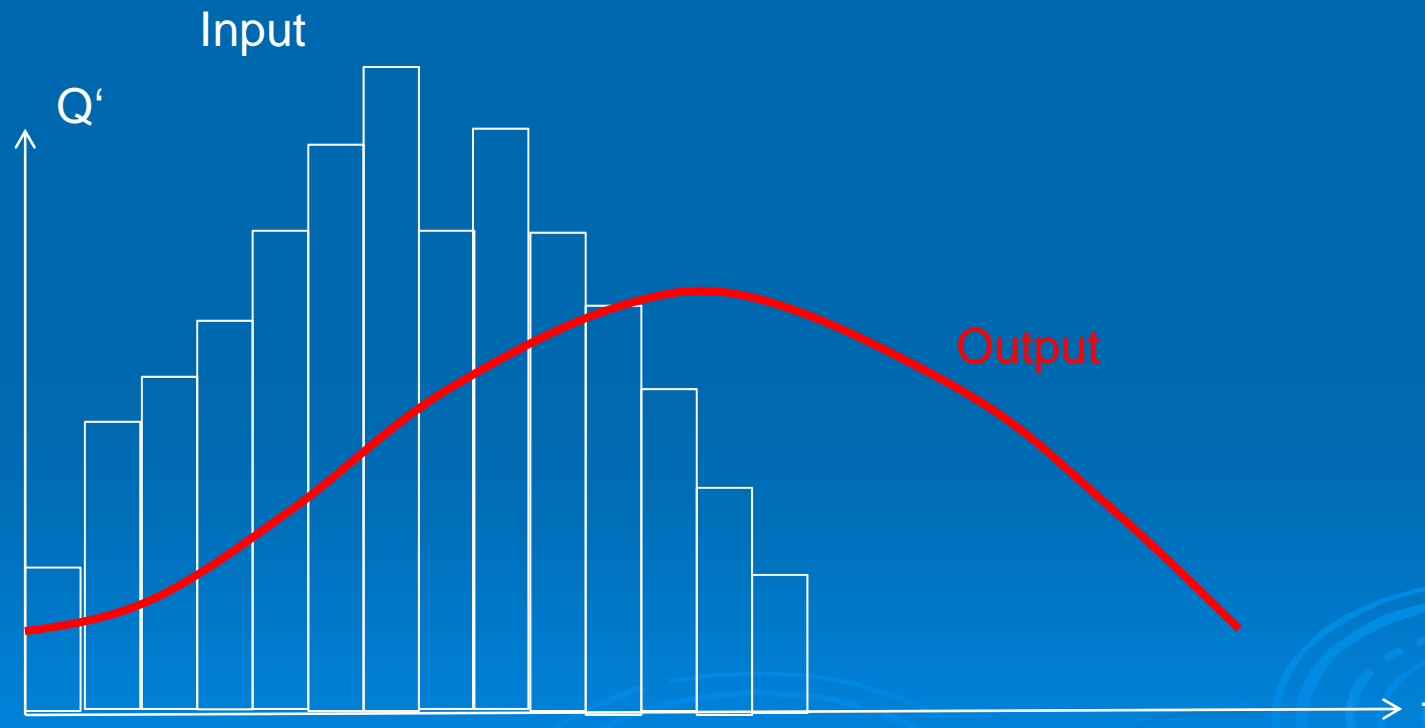


Element i mit Fließzeit t_i
leistet einen Beitrag zum Abfluss
Niederschlagskonzentrationsganglinie
berücksichtigt nur die Translation



Retentionswirkung

- Die Retentionswirkung wird summarisch in Form eines virtuellen Speichers am Gebietsauslass angesetzt
- Es wird ein linearer Speicher angesetzt



Retentionswirkung (Muskingum)

➤ Linearer Speicher

$$Q_Z(t) - Q_A(t) = \frac{dS(t)}{dt}$$

$$S(t) = K \cdot (x \cdot Q_Z(t) + (1 - x) \cdot Q_A(t)) = K \cdot Q_G(t)$$

$$Q_A(t + \Delta t) = Q_A(t) + C_1 \cdot (Q_Z(t) - Q_A(t)) + C_2 \cdot (Q_Z(t + \Delta t) - Q_Z(t))$$

$$C_1 = \frac{\Delta t}{k \cdot (1 - X) + 0,5 \cdot \Delta t}$$

$$C_2 = \frac{0,5 \cdot \Delta t - k \cdot X}{k \cdot (1 - X) + 0,5 \cdot \Delta t}$$

für ... $x = 0$

$$S(t) = K \cdot Q_A(t)$$

$$Q_Z(t) - Q_A(t) = K \cdot \frac{dQ_A(t)}{dt}$$

numerische – Lösung

$$C_1 = \frac{\Delta t}{K + 0,5 \cdot \Delta t}$$

$$C_2 = \frac{0,5 \cdot \Delta t}{K + 0,5 \cdot \Delta t}$$

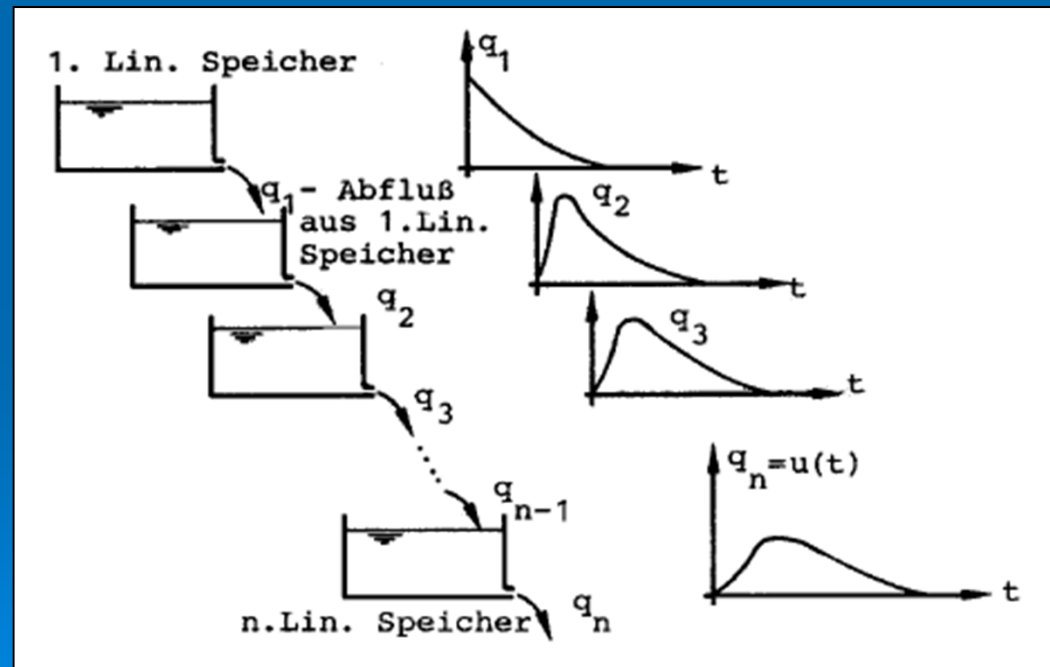
Schätzung des Parameters K

- Kann aus Auslaufkurven ermittelt werden:
Für $Q_z(t)=0$ folgt die Lösung der Diff.gl.
(Bilanzgleichung)
- $Q_A(t)=Q_0 \cdot \exp(-t/K)$
- In logarithmischer Darstellung daher annähernd linear und aus dem Anstieg kann K ermittelt werden

Konzeptive M. – Lineare Speicherkaskade

➤ NASH-Verfahren

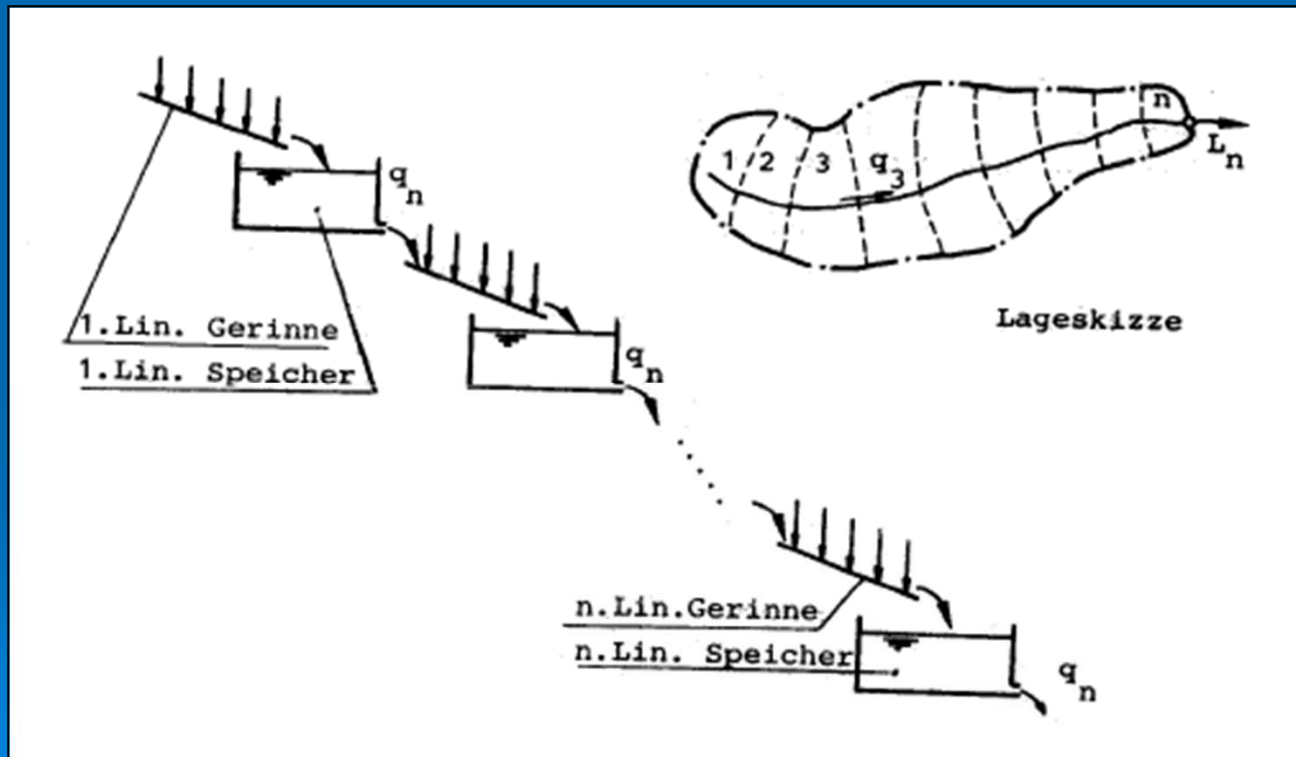
- Mehrere lineare Speicher in Serie
- Alle Speicher selbe Speicherkonstante k
- Ähnliche Eigenschaften wie Unit Hydrograph



Konzeptive M. – Lineare Speicherkaskade

➤ Verfahren nach DOOGE

- Kopplung von Speicherkaskaden und linearen Gerinneabschnitten



Rückblick Kombinierte Translations- und Speichermodelle

- Retention / Translation
- Unterteilung
 - Konzeptive Modelle
 - Einzellinearspeicher
 - Lineare Speicherkaskade
 - Kombinierte Modelle
 - HYREUN-Verfahren
 - CLARK-Verfahren
- Fließformeln
 - Kirpich
 - Hang-Gerinne-Fomel
- Zeitflächendiagramm