

Hydrologie und Flussgebietsmanagement

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

Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiver Wasserbau

Gliederung der Vorlesung

- **Statistische Grundlagen**
- Extremwertstatistik
- Korrelation und Regression **Statistische Verfahren**
- Zeitreihenanalyse und Anwendung
- Regionalisierung & räumliche Interpolation

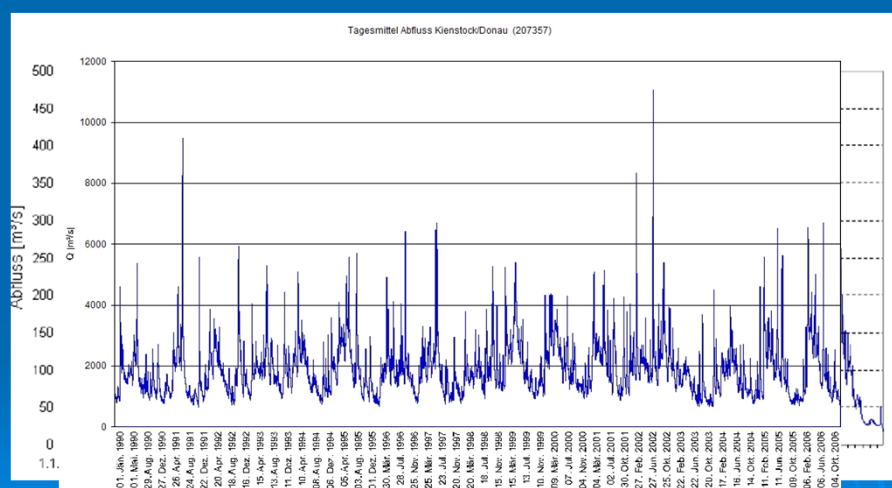
- Bodenwasserhaushalt
- Grundwasserhaushalt **Physikalisch basierte Verfahren**

- Niederschlags-Abflussmodelle
- Kontinuierliche N-A Modelle
- Retention und Flood Routing
- Hydrologische Vorhersagen **Konzeptmodelle**
- Flussgebietsmodelle
- Stofftransport
- Sedimenttransport – Modellierung
- Flussgebietsmodelle

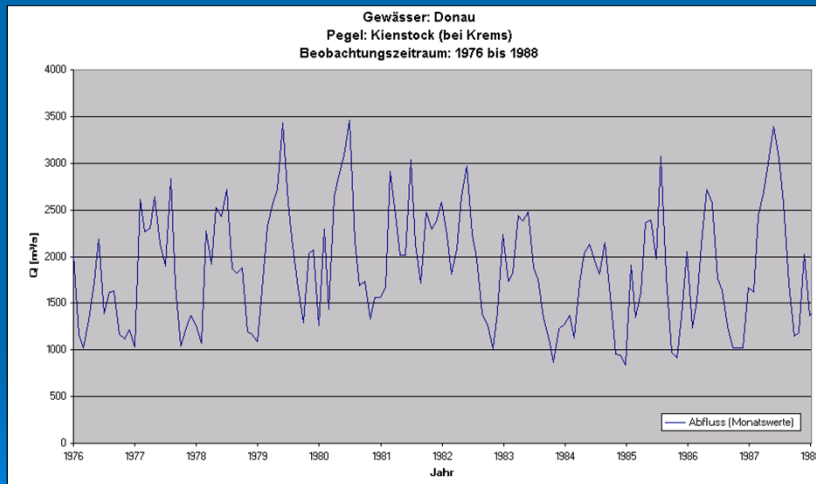
Def.: Hydrologie und Prozesse

- Die Hydrologie ist die Wissenschaft vom Wasser, von seinen Eigenschaften und seinen Erscheinungsformen auf und unter der Landoberfläche
- Damit verbundene Prozesse
 - Niederschlag
 - Schnee bzw. Eis
 - Wasser in Flüssen, Seen und Talsperren
 - Abfluss und Speicherung
 - Verdunstung
 - Bodenwasser
 - Grundwasser

Charakteristik der Abflussganglinie



Abflussganglinie: Donau 1976 – 1988, aus Monatsmittelwerten



Datenauswertung

➤ Zeitreihen → Ganglinien

- Stetige Variablen → Polygon
- Mittelwerte und Summen → Treppelinie
- $x(t) = x_T(t) + x_P(t) + x_R(t)$

➤ Häufigkeiten → Histogramm

- Absolute Häufigkeit H_j
- Relative Häufigkeit h_j

$$n = \sum_{j=1}^k H_j$$

$$h_j = \frac{H_j}{n}$$

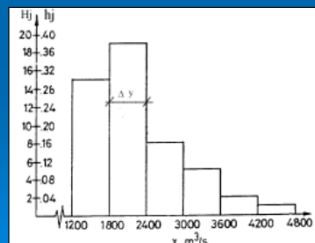
• Klassenanzahl

$$k = 1 + 1,33 \cdot \ln n, \text{ (Sturges, 1926)}$$

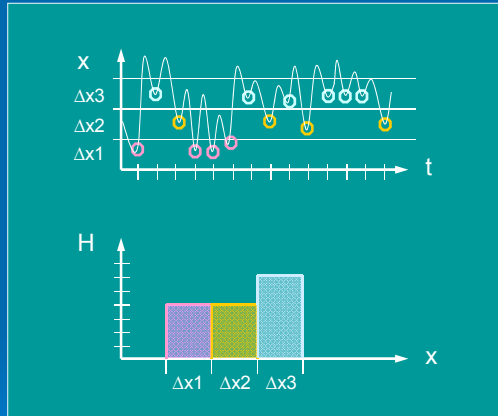
• Klassenbreite

$$\Delta x = \frac{(x_{\max} - x_{\min})}{k}$$

90 % der Werte in 7 Klassen



Darstellung Häufigkeit



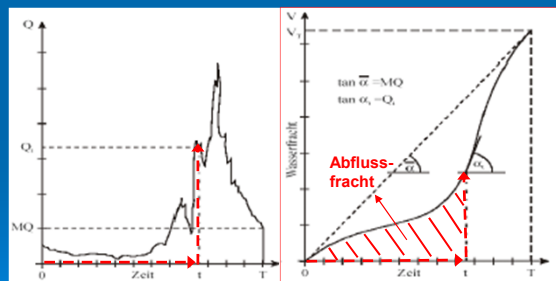
Wie oft liegen Werte in Δx ?

Verlust des Zeitbezugs

Summenlinie einer Zeitreihe

- Def.: Aufsummieren der Werte einer Ganglinie
- Beispiel: Ermittlung Abflussfracht
 - Abflussfracht als Fläche unter der AbflussGL

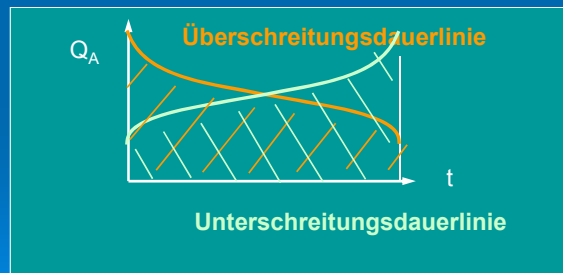
$$MQ = \frac{1}{T} \int_0^T Q(t) \cdot dt$$



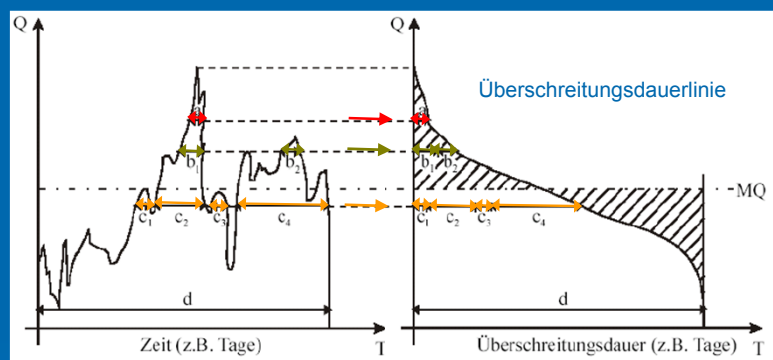
Dauerlinie einer Zeitreihe

➤ Definition

- fortlaufende Aufsummierung der Häufigkeiten
- bei äquidistanten Reihen
 - Ordnung der Größe nach
 - Auf- oder Absteigend
- ➔ Unter- / Überschreitungsdauerlinie

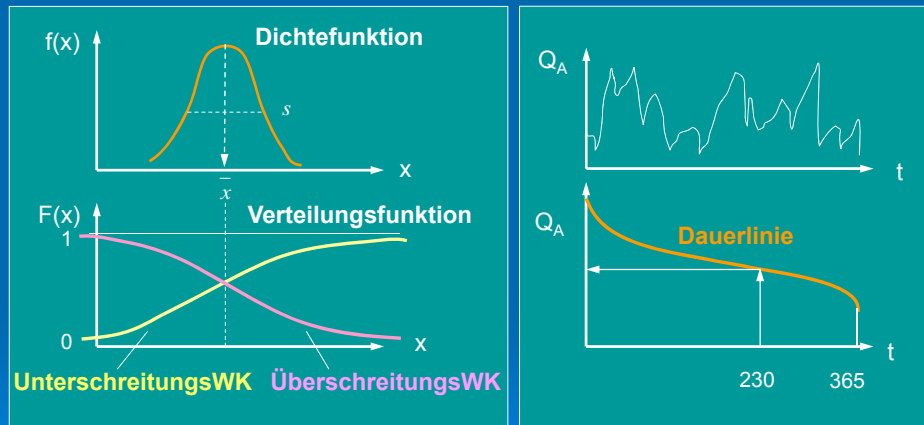


Konstruieren einer Dauerlinie



- Aufsummieren der Häufigkeiten
- Hier: Ausgehend vom größten Wert = Überschreitungsdauerlinie
- Anwendung
 - Statistische Behandlung von Abflussgeschehen

Über- / Unterschreitungswahrscheinlichkeit



Statistische Grundlagen

Seite 11

Wahrscheinlichkeit

➤ Begriff der Wahrscheinlichkeit nach Laplace

- Beispiel Würfel:
$$P(E) = \frac{\text{Anzahl der günstigen Fälle}}{\text{Anzahl der möglichen Fälle}}$$

Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, genau eine Sechsz zu würfeln?

➤ Verteilungsfunktion

- Zur eindeutigen Festlegung einer Zufallsvariablen
$$F(x) = \text{Prob}(X \leq x) \quad F(-\infty) = 0 \text{ bzw. } F(\infty) = 1$$
- Durchläuft die Werte 0 bis 1

➤ Dichtefunktion

- Anforderungen:
$$f(x) \geq 0 \quad \sum_i f_i(x_i) = 1$$

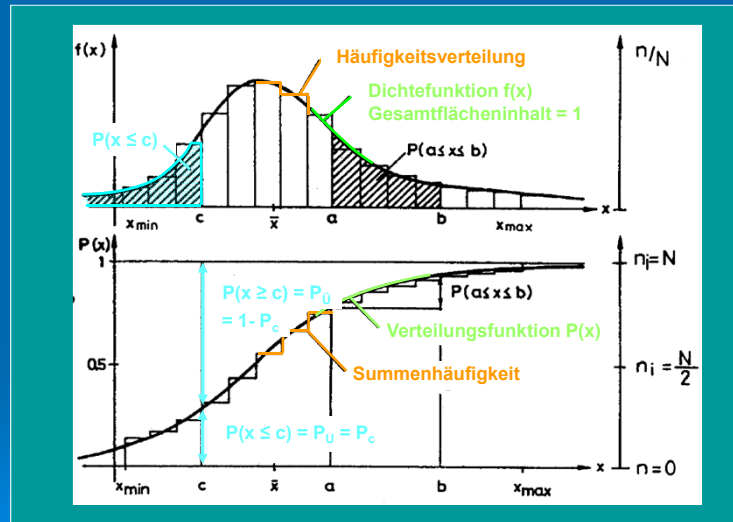
➤ Verteilung $F(x)$

➤ Wahrscheinlichkeitsdichte $f(x)$

Statistische Grundlagen

Seite 12

Verteilungs- / Dichtefunktion



Statistische Grundlagen

Seite 13

Beschreibung von Verteilungen

- Durch Parameter

Lageparameter	1. Ordnung
Dispersionsparameter	2. Ordnung
Asymmetrieparameter	höherer Ordnung

Statistische Grundlagen

Seite 14

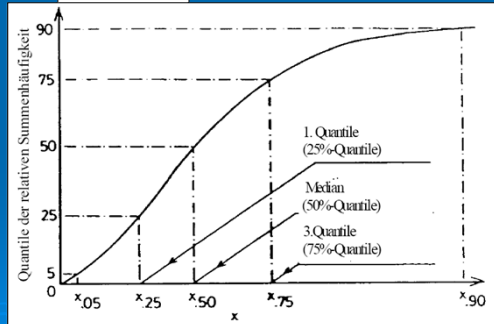
Statistische Parameter

➤ Lageparameter

- Arithmetisches Mittel
- Median
- Modus
- Quantile

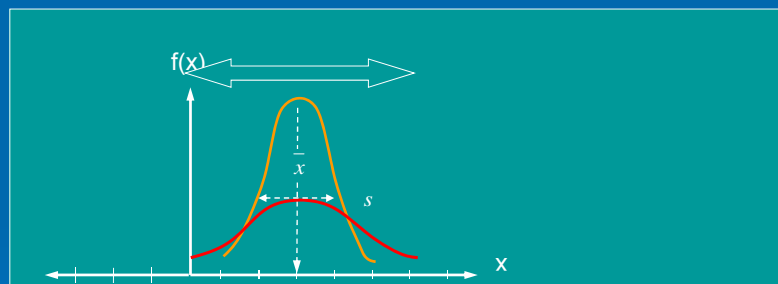
$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$\tilde{x} = x_{50}$$



Statistische Parameter

Dispersionsparameter:



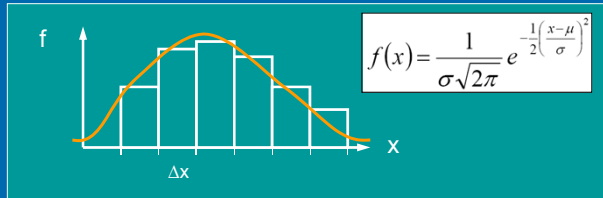
Unterschiedliche Streuung

Varianz = s^2

Spannweite: $x_{\max} - x_{\min}$

$$s^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

Normalverteilung



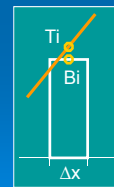
- Symmetrisch
- 2parametrig
- Beidseitig unbegrenzt

- Bestimmung von \bar{x} und s

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad s^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

- Abweichung zwischen beobachteten und geschätztem Wert → Min

$$\text{Min} \sum (T_i - B_i)^2$$



- Jahresniederschlag
- Jahrestemperatur

Statistische Grundlagen

Seite 17

Unterschiedliche Datengrundlage

- Bei Einzelwerten

$$\bar{x} = \frac{1}{n} (x_1 + \dots + x_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

n ... Stichprobenumfang

- Bei Werten in Klassen

$$\bar{X} = \frac{1}{n} (h_1 X_1 + \dots + h_k X_k) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k h_i X_i$$

n ... Stichprobenumfang
 h_i ... relative Häufigkeit
 X_i ... Klassenmittel

- Bei Werten in Klassen mit Mittelwerten und Häufigkeiten

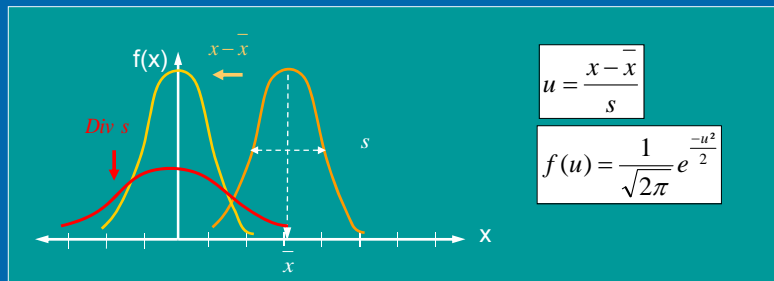
$$\bar{x} = \sum f_i x_i$$

f_i ... Häufigkeiten
 x_i ... Klassenmittel

Statistische Grundlagen

Seite 18

Standardisierung



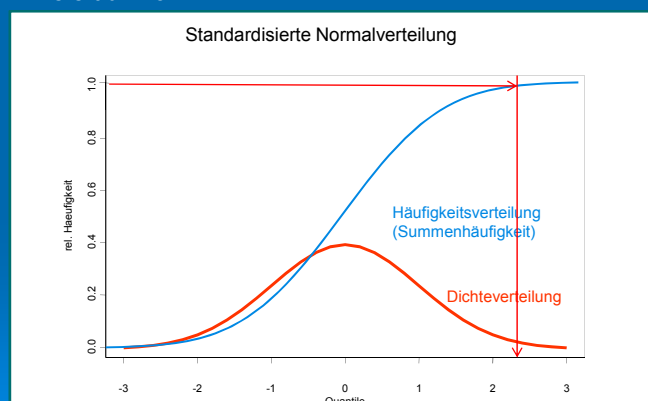
- Parameterfreie Verteilung $x(\alpha) = \bar{x} + u(\alpha) * s$
- Schätzung von Bemessungswerten der Variablen x
 - $-1,96 \leq u^* \leq 1,96 \rightarrow 95\%$ aller Werte
 - $-2,576 \leq u^* \leq 2,576 \rightarrow 99,5\%$ aller Werte (Siehe Tabelle S.21)

Statistische Grundlagen

Seite 19

Dichtefunktion $f(u)$ und Verteilung $F(u)$

Beispiel: $F(u) = 0.99$ d.h. $W(u'>u)=0.01$
liefert $u=2.32$



Inverse standardisierte Normalverteilung

F(u)	u	F(u)	u
0.0010	-3.0902	0.5000	0.0000
0.0020	-2.8782	0.5500	0.1257
0.0030	-2.7478	0.6000	0.2533
0.0040	-2.6521	0.6500	0.3853
0.0050	-2.5758	0.7000	0.5244
0.0060	-2.5121	0.7500	0.6745
0.0070	-2.4573	0.8000	0.8416
0.0080	-2.4089	0.8500	1.0364
0.0090	-2.3656	0.9000	1.2816
0.0100	-2.3263	0.9500	1.5106
0.0150	-2.1701	0.9100	1.3408
0.0200	-2.0537	0.9150	1.3722
0.0250	-1.9600	0.9200	1.4051
0.0300	-1.8808	0.9250	1.4395
0.0350	-1.8119	0.9300	1.4758
0.0400	-1.7507	0.9350	1.5141
0.0450	-1.6954	0.9400	1.5548
0.0500	-1.6449	0.9450	1.5982
0.0550	-1.5982	0.9500	1.6449
0.0600	-1.5548	0.9550	1.6954
0.0650	-1.5141	0.9600	1.7507
0.0700	-1.4758	0.9650	1.8119
0.0750	-1.4395	0.9700	1.8808
0.0800	-1.4051	0.9750	1.9600
0.0850	-1.3722	0.9800	2.0537
0.0900	-1.3408	0.9850	2.1701
0.0950	-1.3106	0.9900	2.3263
0.1000	-1.2816	0.9910	2.3656
0.1500	-1.0364	0.9920	2.4099
0.2000	-0.8416	0.9930	2.4573
0.2500	-0.6745	0.9940	2.5121
0.3000	-0.5244	0.9950	2.5758
0.3500	-0.3853	0.9960	2.6521
0.4000	-0.2533	0.9970	2.7478
0.4500	-0.1257	0.9980	2.8782
0.5000	0.0000	0.9990	3.0902

$$F(u) = \int_{-\infty}^u f(u') du'$$

Anwendung

- Starkregen in Wien
- Der mittlere Jahresniederschlag beträgt ca 650 mm
- Die Streuung 150mm
- Wie gross ist der niederschlag in einem Nassjahr, das ca. in einem Zeitraum von 40 Jahren durchschnittlich einmal auftritt ?

$$x_T = \bar{x} + u(\alpha) * s_x$$

Zusammenfassung Statistische Grundlagen

➤ Definitionen der statistischen Grundlagen

- Grundgesamtheit / Stichprobe / Wahrscheinlichkeit
- Absolute / relative Häufigkeit
- Histogramm / Dichte- / Verteilungsfunktion
- Summenlinie / Dauerlinie

➤ Verteilungen

- Parameter zur Beschreibung
- Normalverteilung
- Standardisierung

➤ Begriffe

- Jährlichkeit
- Wiederkehrintervall