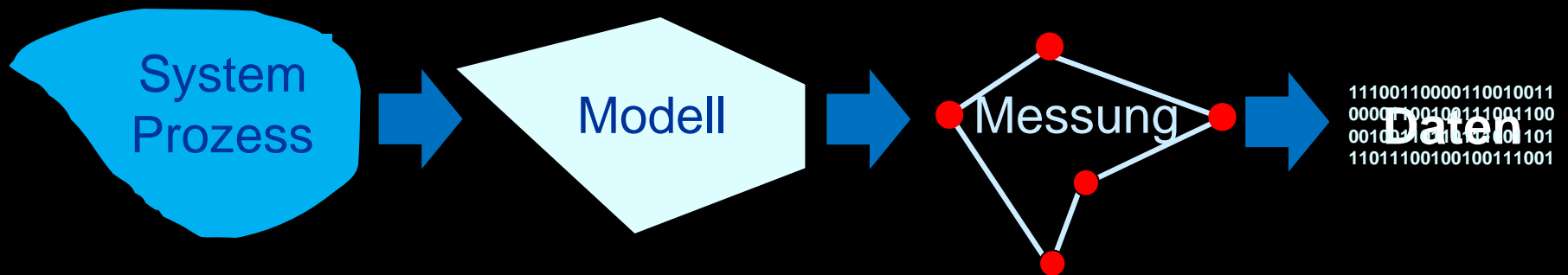

AQUA URBANICA 2016

Qualitätssicherung von Messungen in Entwässerungssystemen

Mathias Uhl, Dieter Sitzmann, Erik Ristenpart, Gebhard Weiß
DWA-AG ES 1.7

Grundlagen

Messung als Wahrheitssuche





Grundlagen

Qualitätssicherung als Begleitprozess

Messvorhaben

Zeit

Qualitätssicherung

Planung
Vergabe



Ziele, Dauer
Systeme, Prozesse
Messorte
Messverfahren, -geräte

Installation
Probetrieb



Messorte
Betriebskontrollen

Betrieb



Kalibrierungen
Redundanzmessungen

Daten-
management



Softwareprüfung
Datenprüfung

Daten-
auswertung



Datenprüfung

Planung und Vergabe

Messaufgaben

Anlagentyp

Messort

Veranlassung

Messdauer

Messart

Anlagentyp	Messort	Messprogramm	Messdauer				Art der Messung		Messgröße		Medium					
		Veranlassung	Dauer-messung	Langzeit-messung	Kurzzeit-messung	Einzel-messung	stationär	mobil	h	Q	T	R	M	S	P	A
Kläranlagen	Messbauwerke	SüwV, EKVO, EÜV	X	—	—	—	X	—	—	X	—	—	—	—	—	X
		Abwassergebühren	X	—	—	—	X	—	—	X	X	X	X	—	—	X
		MSR, Anlagensteuerung	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X	X	—
		Modellkalibrierung	—	X	—	—	—	X	—	—	—	—	—	—	X	X
		Sondermessprogramme	X	X	—	—	—	X	—	—	—	—	—	X	X	X
		Überprüfungsmessungen, Kennlinienaufnahmen	—	—	X	X	—	X	X	X	X	X	X	—	X	X
Regenbecken und Regenentlastungsanlagen	geeignete Bauwerksbereiche	SüwV, EKVO, EÜV	X	—	—	—	X	—	X	X	—	X	X	—	—	—
		Abwassergebühren	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		MSR, Anlagensteuerung	X	—	—	—	X	—	X	X	—	X	X	—	—	—
		Modellkalibrierung	—	X	—	—	X	X	X	X	—	X	X	—	—	—
		Fremdwasserproblem	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	—	—	—
		Überprüfungsmessungen, Kennlinienaufnahmen	—	—	X	X	—	X	X	X	X	X	X	—	X	X
Pumpwerke	geeignete Anlagenbereiche	SüwV, EKVO, EÜV	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Abwassergebühren	X	—	—	—	X	—	—	X	X	X	X	—	X	X
		MSR, Anlagensteuerung	X	—	—	—	X	—	X	X	X	X	X	—	X	X
		Modellkalibrierung	—	X	X	—	X	X	X	X	X	X	X	—	X	X
		Fremdwasserproblem	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	—	X	X
		Überprüfungsmessungen	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Messgröße (W/Q)

Medium

Planung und Vergabe

Eignungsprüfung möglicher Messstellen



Planunterlagen

- geometrische Verhältnisse
- Profil-, Gefälle-, Richtungsänderungen
- Zuflüsse



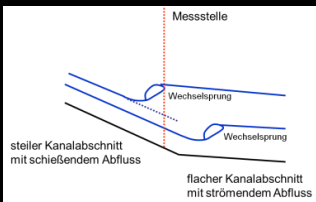
Ortsbesichtigung

- Zugänglichkeit und Sicherungsaufwand
- baulicher Zustand
- Abmessungen
- Wellenbildung
- Ablagerungen, Einstauhöhen



orientierende Messungen

- Wasserstand
- Geschwindigkeit
- Festlegung von Kalibriermöglichkeiten



Kanalnetzsimulation + hydraulische Berechnungen

- Belastung des Messortes
- Häufigkeitsverteilung von Wasserstand und Geschwindigkeit
- Wasserspiegellinien

Installation und Probetrieb

Messorte

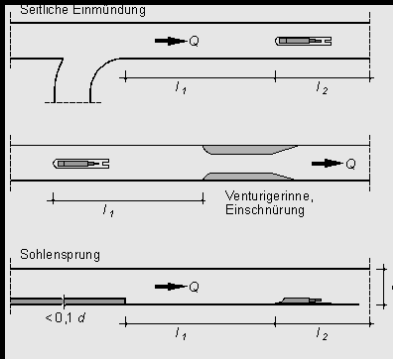


günstige Messbedingungen

- ausgebildete Strömung (gleichmäßiges Geschwindigkeitsprofil) → gerade, störungsfreie Vorlaufstrecke
- ausreichende Fließgeschwindigkeit (keine Ablagerungen)

schwierige Messbedingungen

- Rückstau bei Trockenwetter (geringe Geschwindigkeiten)
- Rückstau bei Regenwetter, z.B. im Zulauf von Staukanälen / Regenüberläufen / Pumpwerken
- Ablagerungen (zeitlich veränderlicher Fließquerschnitt, Indiz für geringe Geschwindigkeit), Besichtigung ohne Kanalspülung!
- unterhalb von Grundrissknick/–krümmung, Zusammenfluss
- im Nahbereich von Gefällewechseln
- bei schlechtem baulichen Zustand

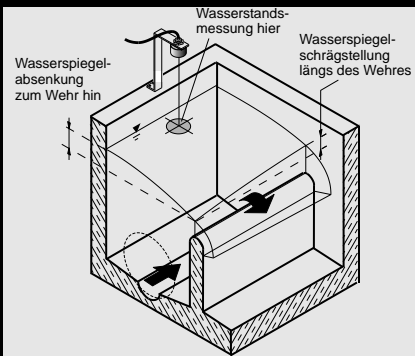
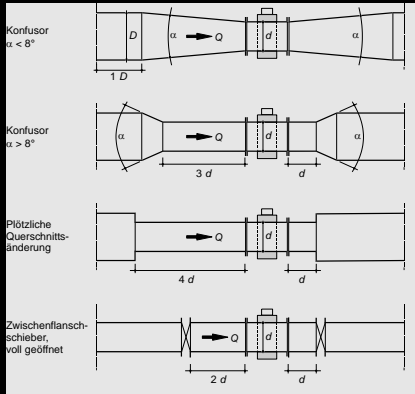


ungeeignete Messbedingungen

- in Schachtbauwerken
- an Profilwechseln
- nach Überfällen und Abstürzen
- kurz nach Zuleitungen

Installation und Probetrieb

Messorte



Beispiel MID in Druckleitungen

Sensoranordnung im Längsschnitt

Ein- und Auslaufstrecken präzise Herstellerangaben

störend: Krümmer, Querschnittsänderungen,

seitliche Ein- und Ausleitungen, Drall durch Pumpen

Beispiel Wasserstandsmessung

Sensoranordnung im Querschnitt

w nicht horizontal bei Richtungsänderungen

Sensoranordnung im Längsschnitt

w veränderlich bei Stau-/Senkungslinien

(Wehr, Absturz, veränderliches Q)

Messbetrieb

Instandhaltung und Kontrollen

Instandhaltung Wartung, Inspektion, Instandsetzung, Verbesserung (DIN 31051)

Kontrollen Betriebs- und Funktionskontrollen

Dienst- + Betriebsanweisung

Schulung des Betriebspersonals

Kontroll- und Wartungsschritte	Gerätetyp					
	Venturi	Messwehre	Schwimmermessung	Einperlverfahren	Drucksonde	Radar (Höhenstand)
Wartungs-/ Kontroll-/ Prüfvorgang						
Geometrische Kriterien						
Hydraulische Kriterien						
Messtechnische Kriterien						
Betriebliche Kriterien						

E = Erst- und Wiederholung
R = regelmäßige Arbeit



Datenmanagement

Datenarten

Systemdaten

Einzugsgebietsdaten

Kanalnetzdaten

Bauwerksdaten

Hydraulikdaten

Messsystemdaten

Betriebsdaten

Abwasseranlage

- Pumpwerksbetrieb
- Baumaßnahmen
- Sondereinleitungen
- u.a.

Messsystem

- Begehungsprotokolle
- Kalibrierungsdaten
- u.a.

Prozessdaten

Rohdaten

- direkt vom Messgerät
- ungeprüft, unbearbeitet

Primärdaten

- umgerechnet in Messgrößen
- ungeprüft, synchronisiert

Sekundärdaten

- geprüft, korrigiert

Tertiärdaten

- aus Sekundärdaten errechnet

Datenmanagement

Qualitätseigenschaften von Datenmaterial



Datenprüfung

Prüfschritte

<div>Zuordnung</div> <div>Prüfungen</div>	Plausibilität	Richtigkeit Hydraulik	Richtigkeit Hydrologie	Konsistenz Hydraulik	Konsistenz Hydrologie	Homogenität	Repräsentativität
während der Betriebskontrollen	X	X					X
aktuelles Datenmaterial	X	X	(X)			(X)	X
Datenmaterial einer längeren Messzeitspanne	X	(X)	X	X	X	X	X

Datenprüfung

Prüfung während der Betriebskontrollen

- sehr wichtig ! zeitnahe Mängelbehebung !
- Arbeitsanweisung und -anleitung
- Protokollbogen
- Archivierung /Digitalisierung der Ergebnisse

Plausibilitätsprüfung

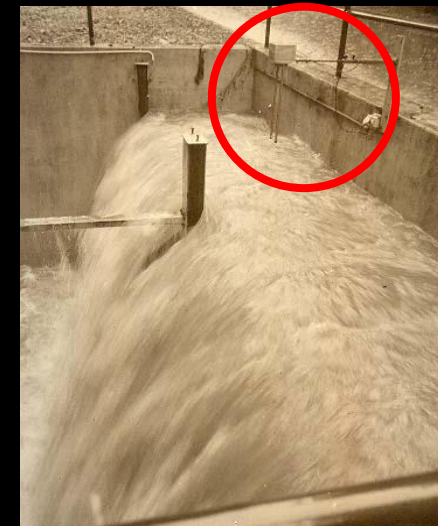
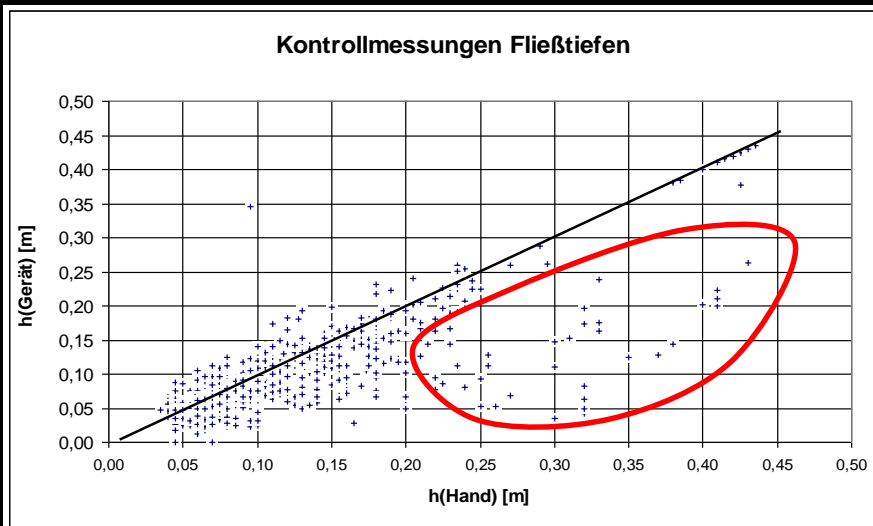
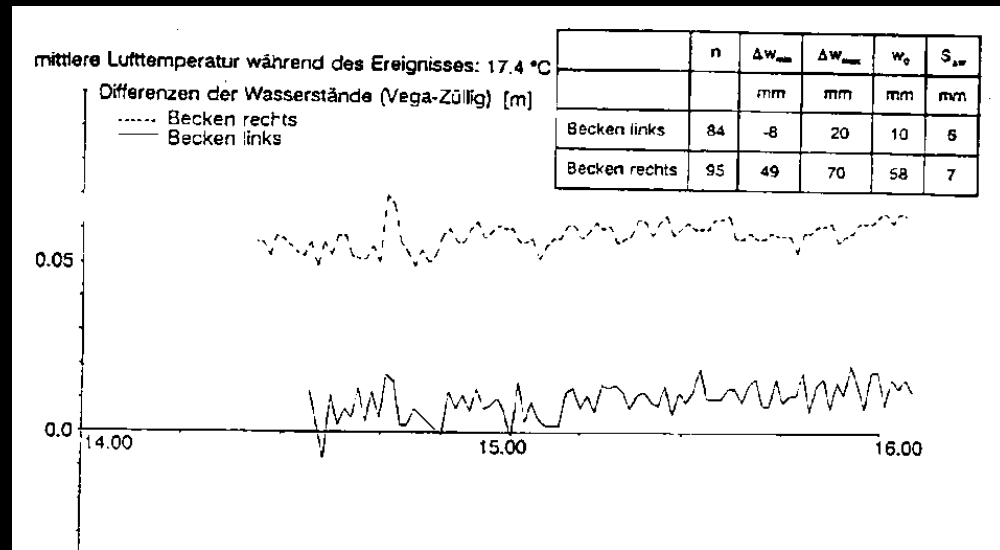
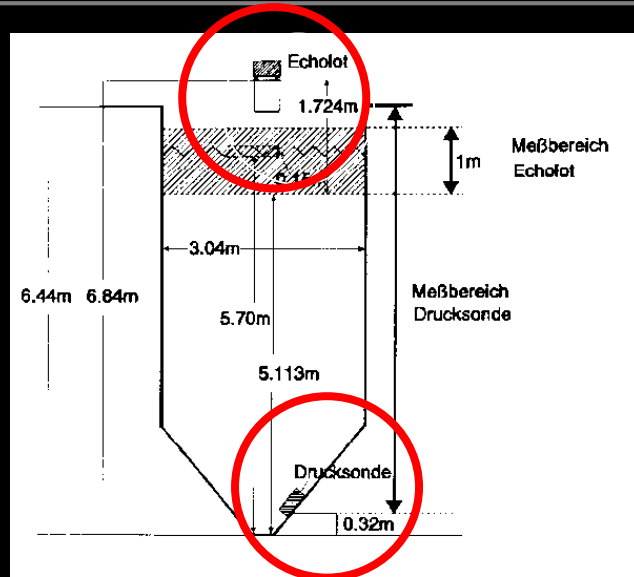
- Kontrollaufgaben gemäß M 181 Abschnitt 10.4
- Sichtkontrolle auf Vollständigkeit und Auffälligkeiten (Lücken, Sprünge, Drift, lange Wertkonstanz etc.)

Richtigkeitsprüfung

- Kalibrierung der Messstelle
- Redundanzmessung

Datenprüfung

Prüfung während der Betriebskontrollen



Datenprüfung

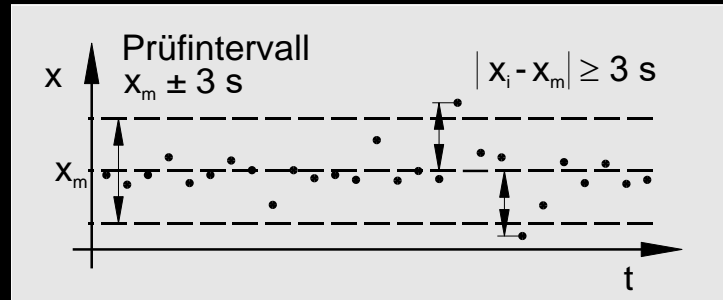
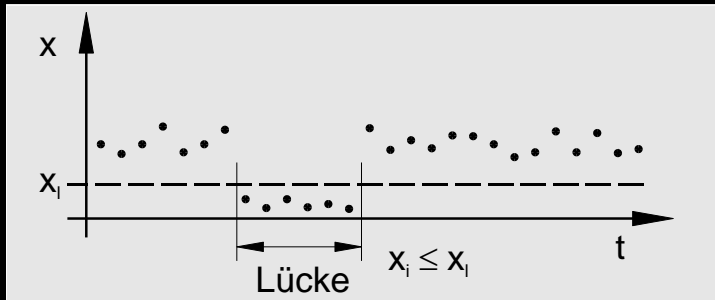
Prüfung des aktuellen Datenmaterials

- regelmäßig während des laufenden Messbetriebes
- möglichst automatisiert
- Durchführung durch Fachingenieure

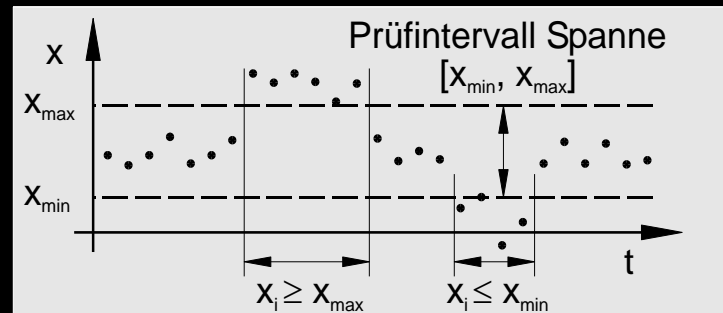
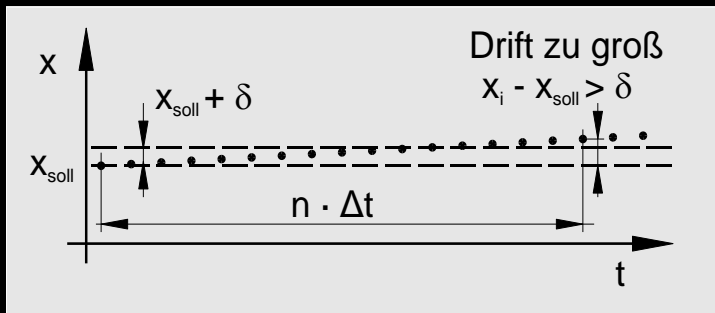
Plausibilitätsprüfung

- Betriebskontrollen (Häufigkeit, Ergebnisse)
- Vergleichsmessungen
- Ganglinienverläufe (numerisch, visuell)

Lücke ?



Drift ?



Spanne ? Ausreißer ?



Datenprüfung

Prüfung des aktuellen Datenmaterials

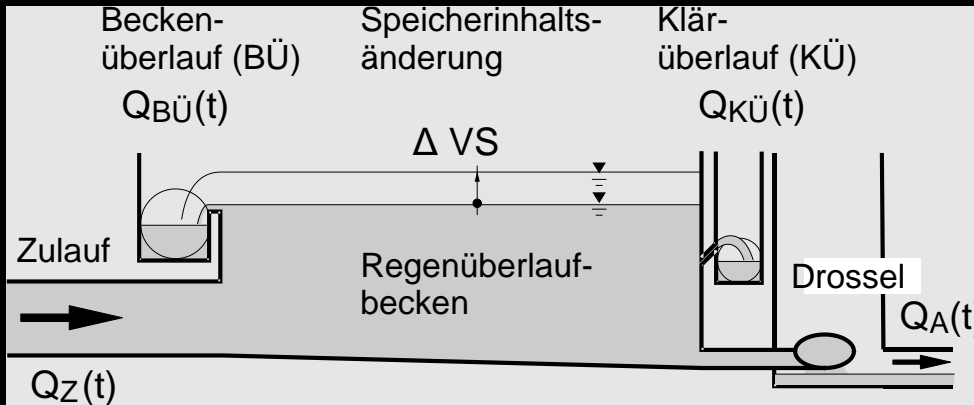
Konsistenz- und Richtigkeitsprüfung

Wasserstand

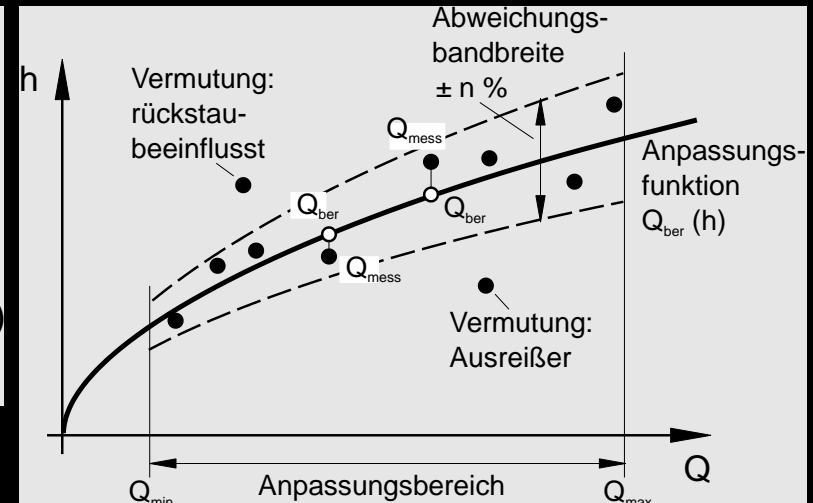
- Vergleichsmessungen bei Betriebskontrollen
- Kalibrierungsmessung
- redundante Messung

Durchfluss

- Kalibrierungsmessung
- Kontinuitätsbedingung (z.B. an Regenbecken)
- Wasserstands-Abfluss-Kennlinien



$$Q_Z(t) - Q_A(t) - Q_{KÜ}(t) - Q_{BÜ}(t) - dV_S(t)/dt = 0$$



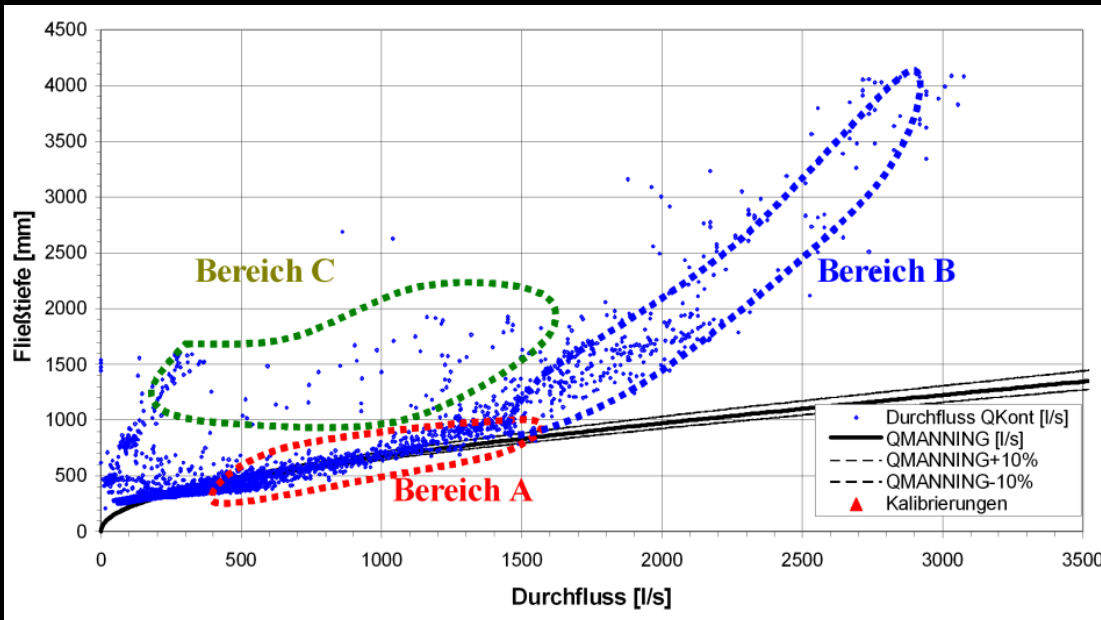
Datenprüfung

Prüfung des Datenmaterials einer längeren Zeitspanne

Konsistenz- und Richtigkeitsprüfung

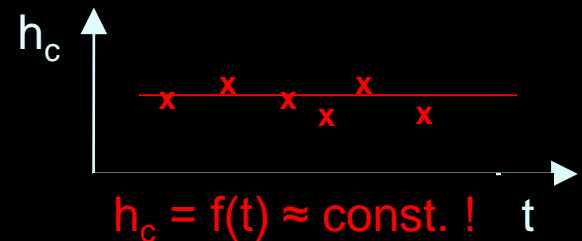
Durchfluss

- Streuung der Abflusskurve
- Kennwerte von Abflusskurven (z.B. h_c -Wert)



rückstaufreie Bereiche
der Abflussganglinien

$$h_c = k_{st} \sqrt{I} = Q / (A \cdot r_{hy}^{2/3})$$



Datenprüfung

Prüfung des Datenmaterials einer längeren Zeitspanne

Plausibilitäts- und Konsistenzprüfung

Regenwetterabfluss

erforderlich: Ereignisselektion
gleichmäßige Überregnung

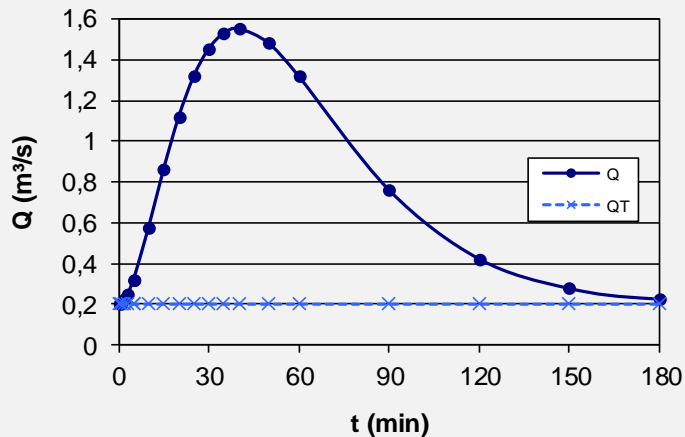
- h_N ca. 5 bis 20 mm
- i_N ca. 2,5 mm/h bis 30 mm/h
- $h_w > 3 h_{\text{Sensor}}$ über 70 % von VQ_R
- $VQ_R/VQ_T > 3$

Volumenbilanz

$$VQ_R = VQ - VQ_T = VQ - VQ_S - VQ_F$$

$$VN_{\text{eff}} = h_{N,\text{eff}} \cdot A_u = (h_N - h_B - h_M) \cdot A_u$$

$$x_K = \frac{VQ_R}{VN_{\text{eff}}} \quad \text{Kontrolle } x_K \text{ ca. } 0,8 \text{ bis } 1,0$$



Zusammenfassung

- **Qualitätssicherung**
essentieller Teil von Messvorhaben
muss geplant werden
- **wesentliche Projektphasen zur Qualitätssicherung**
Planung, Installation, Betrieb, Datenprüfung
- **vielfältige Möglichkeiten zur Qualitätssicherung**
- **Datenprüfung mit IT-Unterstützung unablässig**
- **Qualifikation der Projektbeteiligten**
Siedlungshydrologie, Hydraulik, Kanalbetrieb, Messtechnik, IT



**The demand for certainty is natural to men.
Uncertainty is hard to endure,
but so are most of the other virtues.**

Bertrand Russell

