

Hydraulische Berechnung der öffentlichen Kanalnetze als Grundlage der Sanierungsplanung

Dipl.-Ing. Marc Althoff

PFI Planungsgemeinschaft GbR

Alte Bahnhofstraße 56

D – 44892 Bochum

1. Anforderungen an die hydraulische Leistungsfähigkeit von Kanalnetzen
Grundlagen, Funktionen, Berechnungsmethoden
2. Berücksichtigung von Inlinern bei der hydraulischen Berechnung
Was muss und was kann bei der Berechnung berücksichtigt werden?
3. Kanalquerschnittsvergrößerung auf das notwendige Maß beschränken
Abflüsse vermeiden oder vermindern
4. Zusammenfassung

Anforderungen an die hydraulische Leistungsfähigkeit von Kanalnetzen



Kenndaten der öffentlichen Kanalisation in Deutschland

- Mischwasserkanäle: ca. 225.000 km
- Schmutzwasserkanäle: ca. 135.000 km
- Regenwasserkanäle: ca. 85.000 km
- **Insgesamt:** ca. **445.000 km**

Private Kanäle: ca. 900.000 km

Quelle: „Zustand der Kanalisation in Deutschland“, ATV-DVWK, 2001

Anforderungen an die hydraulische Leistungsfähigkeit von Kanalnetzen



Entwässerungssysteme dienen:

- der **Aufrechterhaltung** hygienischer Verhältnisse in Siedlungen durch vollständige Sammlung und Ableitung des anfallenden Schmutzwassers zur Kläranlage
- der **weitgehenden Vermeidung** von Schäden durch Überflutungen und Vernässungen infolge Niederschlagsabflüssen und
- der **möglichst weitgehenden Aufrechterhaltung** der Nutzbarkeit der Siedlungsflächen unabhängig von den Witterungsverhältnissen (Entwässerungskomfort)

Anforderungen an die hydraulische Leistungsfähigkeit von Kanalnetzen

Begriffsdefinitionen:

- **Überlastung:** Wasserstand $>$ Rohrscheitel (Druckabfluss)
 - Einstau: Wasserstand zwischen Rohrscheitel und GOK
 - Überstau: Wasserstand auf bzw. über GOK
 - Überflutung: auftretende Schäden bzw. Funktionsstörungen infolge Überstau



Anforderungen an die hydraulische Leistungsfähigkeit von Kanalnetzen



Maßgebende Normen und Regelwerke:

- DWA-A 110: Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Abwasserkanälen und -leitungen
- ATV-A 111: Richtlinien für die hydraulische Dimensionierung und den Leistungsnachweis von Regenwasserentlastungsanlagen in Abwasserkanälen und -leitungen
- DWA-A 112: Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Sonderbauwerken in Abwasserkanälen und -leitungen
- DWA-A 118: Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen
- DIN EN 752: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, T 1-7

Anforderungen an die hydraulische Leistungsfähigkeit von Kanalnetzen



Empfohlene Mindestnennweiten:

- Schmutzwasserkanal: DN 250 (ggf. DN 200)
- Mischwasserkanal: DN 300
- Regenwasserkanal: DN 300
- Hausanschlussleitungen: DN 100 (DIN 1986-2)

Mindestgefälle:

- Anfangshaltung: $J_S = 1 : 200$ (5 ‰)
- Hausanschlusskanäle: $J_S = 1 : 100$ (10 ‰)
- Sonst i. d. R.: $J_S = 1 : DN$

Anforderungen an die hydraulische Leistungsfähigkeit von Kanalnetzen

Maßgebende Häufigkeiten bei Neuplanungen und nach Sanierung nach DWA-A 118:

Ort	Überlastungshäufigkeit = Jährlichkeit des Bemessungsregens	Überstauhäufigkeit	Überflutungshäufigkeit
Ländliche Gebiete	1 in 1 a	1 in 2 a	1 in 10 a
Wohngebiete	1 in 2 a	1 in 3 a	1 in 20 a
Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete	1 in 5 a (ohne Überflutungs-Prüfung)	seltener als 1 in 5 a	1 in 30 a
Unterführungen, unterirdische Verkehrsanlagen	1 in 10 a	seltener als 1 in 10 a	1 in 50 a

Anforderungen an die hydraulische Leistungsfähigkeit von Kanalnetzen



Methoden der Kanalnetzrechnung:

Im wesentlichen unterscheiden sich die Methoden zur Kanalnetzrechnung bei der Beschreibung des Transportprozesses.

- Konventionelle Methoden der Kanalnetzrechnung (Zeitbeiwertverfahren, Flutplanverfahren)
- Hydrologische Kanalnetzrechnung (Lineare Einzelspeicher, Lineare Speicherkaskade)
- Hydrodynamische Kanalnetzrechnung (St. Venant'sche Differentialgleichung)

Anforderungen an die hydraulische Leistungsfähigkeit von Kanalnetzen

Berechnungs- und Nachweisverfahren

Empfehlungen für die Neubemessung

	Fließzeitverfahren	Hydrologische Verfahren	Hydrodynamische Verfahren
Blockregen	Empfohlen		
Modellregen		möglich	möglich
Modellregengruppe		nicht empfohlen	nicht empfohlen
Starkregenserie		nicht empfohlen	nicht empfohlen

Anforderungen an die hydraulische Leistungsfähigkeit von Kanalnetzen

Berechnungs- und Nachweisverfahren

Empfehlungen für den Nachweis der Überstauhäufigkeit

	Fließzeitverfahren	Hydrologische Verfahren	Hydrodynamische Verfahren
Blockregen	nicht empfohlen		
Modellregen		nicht empfohlen	Empfohlen
Modellregengruppe		nicht empfohlen	Empfohlen
Starkregenserie		nicht empfohlen	Empfohlen

Berücksichtigung von Inlinern bei der hydraulischen Berechnung



Zustand der öffentlichen Kanalisation in Deutschland:

Kurz- bis mittelfristiger Sanierungsbedarf:	ca. 17 %
Langfristiger Sanierungsbedarf:	ca. 14 %

Aber: Große regionale Unterschiede
(z. B. durch Bergsenkungen)

Quelle: „Zustand der Kanalisation in Deutschland“, ATV-DVWK, 2001

Berücksichtigung von Inlinern bei der hydraulischen Berechnung

Hauptsanierungsverfahren

- **Erneuerung:**
Neudimensionierung und Neutrassierung möglich
 - **Renovierung:**
führt i. d. R. zur Querschnittsminderung
 - **Reparatur:**
bei zahlreichen Einzelschäden unwirtschaftlich, Querschnitt bleibt erhalten
- Evtl. Überprüfung der hydraulischen Leistungsfähigkeit bzw. Nachweis der Überflutungssicherheit bei Renovierung erforderlich.

Berücksichtigung von Inlinern bei der hydraulischen Berechnung

Renovierungsverfahren

Definition gem. Merkblatt 143 (DWA/ATV-DVWK):

Renovierung: Maßnahmen zur Verbesserung der aktuellen Funktionsfähigkeit von Abwasserleitungen und –kanälen unter vollständiger oder teilweiser Einbeziehung ihrer ursprünglichen Substanz

Berücksichtigung von Inlinern bei der hydraulischen Berechnung

Renovierungsverfahren:

- **Auskleidungsverfahren**

- Auskleidung mit Rohren

- Mit Ringraum (z. B. Rohrstrangverfahren)
- Ohne Ringraum (z. B. Close-Fit-Verfahren, Schlauchlining)

- **Beschichtungsverfahren**

- Kunststoff- und Mörtelbeschichtungen

- Dünnbeschichtung 0,3 – 1,0 mm, praktisch kein Querschnittsverlust
- Dickbeschichtung 1,0 – 5,0 mm
- Mörtelbeschichtung > 5,0 mm

Berücksichtigung von Inlinern bei der hydraulischen Berechnung

Querschnittsverluste:

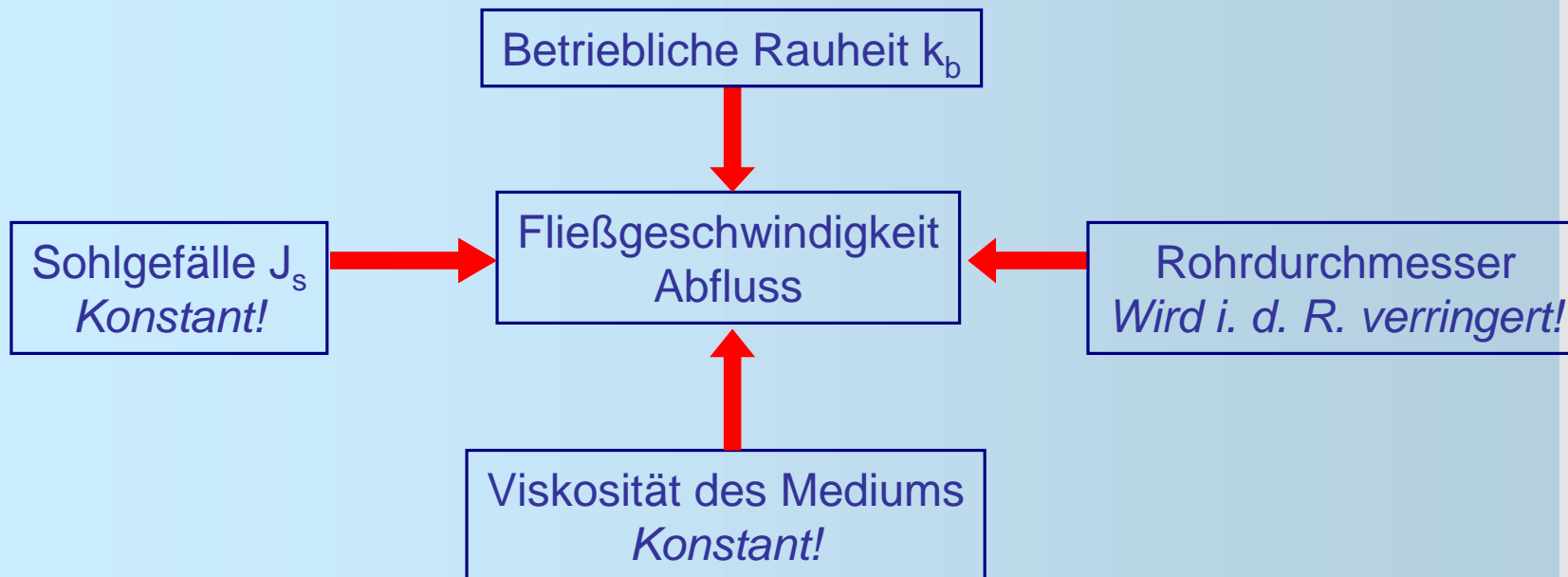
- **Beschichtungsverfahren:** geringe oder keine Querschnittsverluste (Korrosion oder Abrieb haben die ursprüngliche Wanddicke vermindert)
- **Klassischer Inliner** (Auskleidung mit Ringraum): Durchmesser verringert sich um mehrere Zentimeter
- **Schlauchlining/Verformungsverfahren** (formschlüssig): geringe Verluste, z. B. Glasfaserliner: Wandstärke ca. 3 bis 12 mm

Berücksichtigung von Inlinern bei der hydraulischen Berechnung

Berechnung nach Prandtl-Colebrook (Geschwindigkeitsterm):

$$v = \left\{ -2 \cdot \log \left[\frac{2,51 \cdot \nu}{D \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot J_s}} + \frac{k_b / D}{3,71} \right] \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot J_s} \right\}$$

Einflussgrößen auf Abfluss und Fließgeschwindigkeit:



Berücksichtigung von Inlinern bei der hydraulischen Berechnung

Einflussgrößen auf die betriebliche Rauheit k_b :

- Wandrauheit
- Lageungenauigkeit und –änderungen
- Rohrstöße
- Formstücke
- Schachtbauwerke (insbesondere Gerinneausformung)

Der Pauschalansatz für k_b beinhaltet die genannten Einflussgrößen ohne detaillierte Berechnung.

Berücksichtigung von Inlinern bei der hydraulischen Berechnung

Beispiele für den Ansatz betrieblicher Rauheiten nach dem Pauschalkonzept:

Größenordnungen:

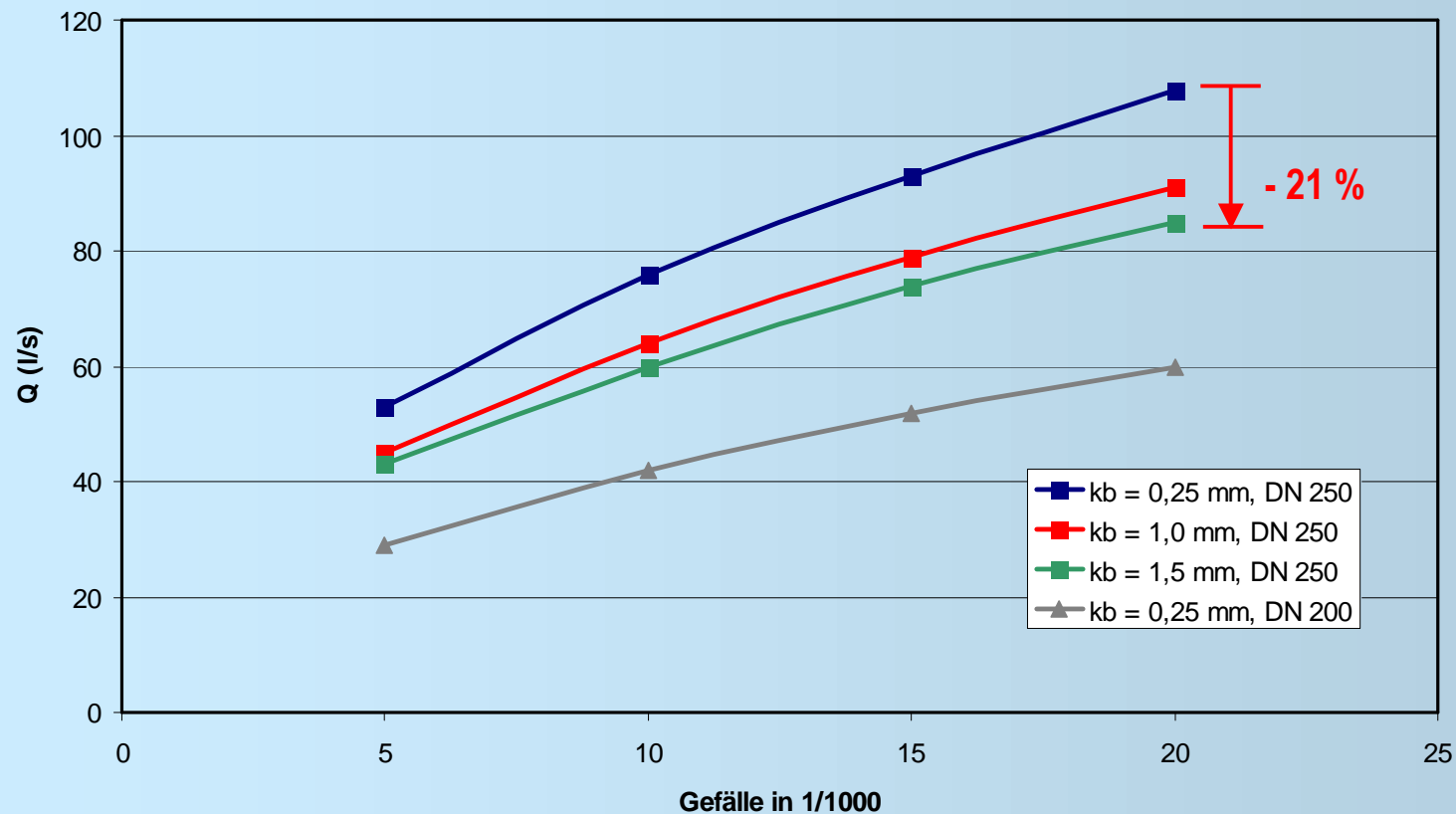
- $k_b = 0,25 \text{ mm}$ Druckrohrleitungen
- $k_b = 0,50 \text{ mm}$ Transportkanäle
- $k_b = 1,50 \text{ mm}$ Sammelkanäle

Unabhängig vom Rohrmaterial und den tatsächlichen lokalen Verlusten!

Berücksichtigung von Inlinern bei der hydraulischen Berechnung

Einfluss der betrieblichen Rauheit k_b auf die Abflussleistung von Kanälen

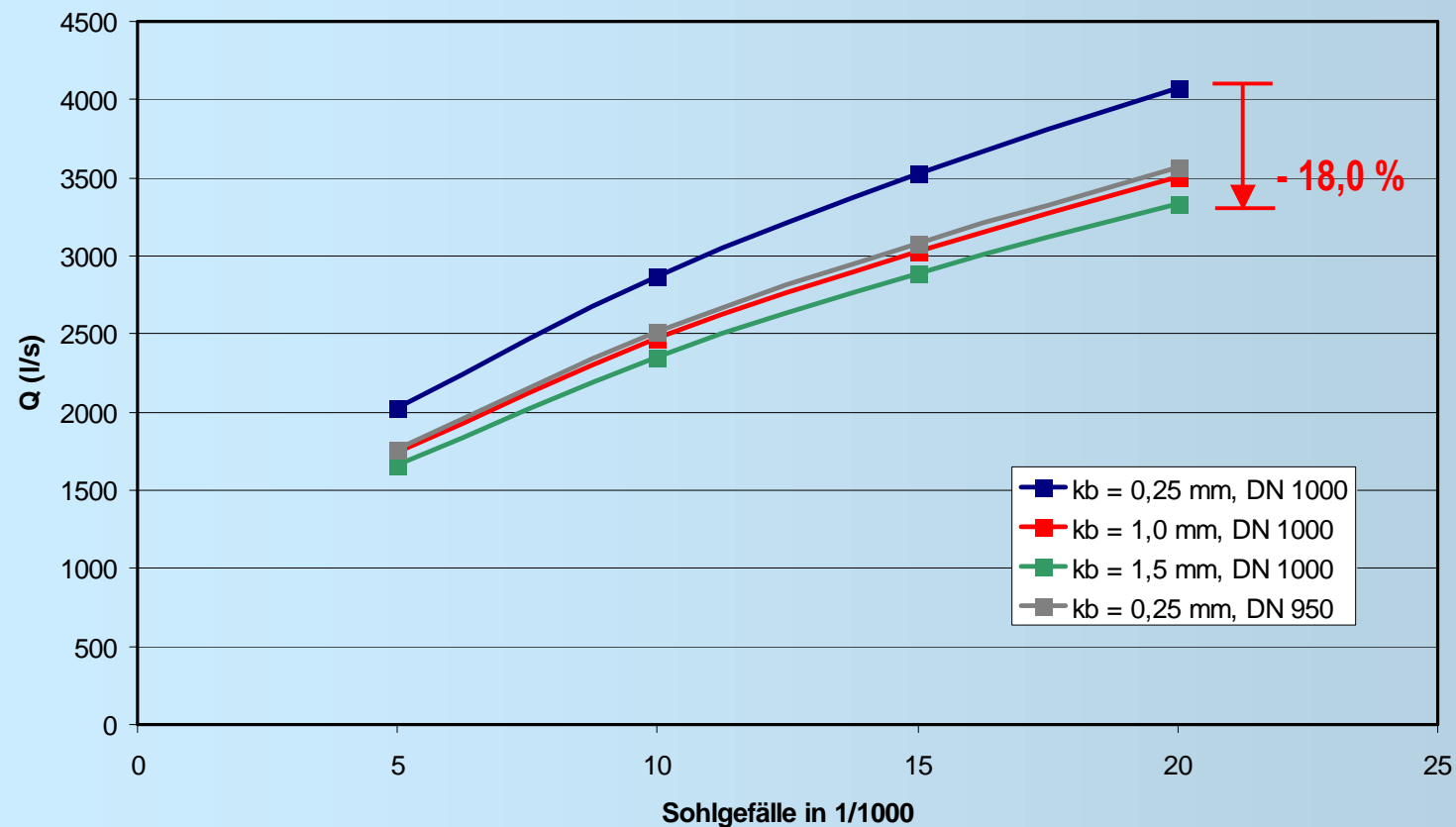
Beispiel für DN 250



Berücksichtigung von Inlinern bei der hydraulischen Berechnung

Einfluss der betrieblichen Rauheit k_b auf die Abflussleistung von Kanälen

Beispiel für DN 1000



7. TAH-Sanierungstage: Sanierung von Abwasserkanälen, 16.-17. September 2009 in Würzburg

Dipl.-Ing. Marc Althoff: Hydraulische Berechnung der öffentlichen Kanalnetze als Grundlage der Sanierungsplanung

Berücksichtigung von Inlinern bei der hydraulischen Berechnung

Pauschalansatz führt bei Renovierung mit Querschnittsreduzierung immer zu einer Minderung der hydraulischen Leistungsfähigkeit!

Deshalb: Individualkonzept

- Großer Einfluss der betrieblichen Rauheit – bis ca. 20 %
- Berechnung sollte deshalb bei hydraulischen Engpässen anstelle des pauschalen Ansatzes für die betriebliche Rauheit mit dem Individualkonzept gem. DWA-A 110 durchgeführt werden.

Das Individualkonzept dient zur detaillierten Berechnung der betrieblichen Rauheit separat für jede Haltung.

Berücksichtigung von Inlinern bei der hydraulischen Berechnung

Detailliert erfasst werden:

- Rauheit k der Rohrwand
- Lageungenauigkeiten an Rohrstößen bzw. Muffen
- Rohrverbindungen
- Hausanschlüsse
- Straßeneinläufe
- Schachtabwinklung
- Gerinneausformung im Schacht

Berücksichtigung von Inlinern bei der hydraulischen Berechnung

Haltungen

Name: H001 Exportmarkierung: Reihenfolge: 1 Gruppe Ändern

Lage Profil Flächen Ergebnisse Verluste

Verlustmethode

Pauschalkonzept
 Individuumkonzept

Vorgaben zu Individuumkonzept

Faktor ν_{voll} : 1

Verlustart

Verlustart	Parameter	Wert	Anzahl	Verlustbeiwert	Rauheitsbeiwert kb
Rohrinnenwandung	Rauheit k	0,1 mm		0,015	
Lageungenauigkeiten, -änderungen	Einzelrohr	2 m	17	0,17	
Rohrverbindungen			16	0,048	
Hausanschlüsse	Durchmesser	150 mm	5	0,020	0,7025
Straßeneinläufe	Durchmesser	150 mm	2	0,008	
Schachtverlust			21	0,2	

Regelschacht Sonderschacht

Datensatz: 1 von 7

Berücksichtigung von Inlinern bei der hydraulischen Berechnung

Haltungen

Name: H001 Exportmarkierung: Reihenfolge: 1 Gruppe Ändern

Lage Profil Flächen Ergebnisse Verluste

Profiltyp: 1
Rauigkeitsbeiwert: 0,7025
Höhe: 500 mm
Breite: 500 mm
Trapez rechts: 0 m/1m
Trapez links: 0 m/1m
BreiteTrapez oben: mm

Rohrwerkstoff: SB
Rauigkeitsbeiwert 2: 0
Höhe 2: 0 mm
Breite 2: 0 mm
Trapez rechts 2: 0 m/1m
Trapez links 2: 0 m/1m

Einheit Rauigkeit
 K_b
 k_{St}

Querschnittsfläche: 0,196 m²
Q voll: 334,536 l/s
V voll: 1,704 m/s

Q_{voll} = 334,5 l/s

Datensatz: 1 von 7

Berücksichtigung von Inlinern bei der hydraulischen Berechnung

Haltungen

Name: Exportmarkierung: Reihenfolge:

Lage Profil Flächen Ergebnisse **Verluste**

Verlustmethode

Pauschalkonzept
 Individualkonzept

Vorgaben zu Individualkonzept

Faktor Vvoll:

Verlustart	Rauheit k	Einzelrohr	Durchmesser	Anzahl	Verlust-beiwert	Rauheits-beiwert kb
Rohrinnenwandung	<input type="text" value="0,03"/> mm			<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0,014"/>	
Lageungenauigkeiten, -änderungen		<input type="text" value="34"/> m		<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	
Rohrverbindungen				<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	
Hausanschlüsse			<input type="text" value="150"/> mm	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="0,013"/>	<input type="text" value="0,1812"/> <input type="button" value="setzen"/>
Straßeneinläufe			<input type="text" value="150"/> mm	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="0,009"/>	
Schachtverlust				<input type="text" value="21"/> °	<input type="text" value="0,2"/>	

Regelschacht Sonderschacht

Datensatz: von 7

Berücksichtigung von Inlinern bei der hydraulischen Berechnung

Haltungen

Name: Exportmarkierung: Reihenfolge:

Lage Profil Flächen Ergebnisse Verluste

Profiltyp: Rohrwerkstoff: Einheit Rauigkeit: K_b k_{St}

Rauigkeitsbeiwert: Rauigkeitsbeiwert 2:

Höhe: mm Höhe 2: mm

Breite: mm Breite 2: mm

Trapez rechts: m/1m Trapez rechts 2: m/1m

Trapez links: m/1m Trapez links 2: m/1m

BreiteTrapez oben: mm

Querschnittsfläche: m²

Q voll: l/s

V voll: m/s

$Q_{\text{voll}} = 336,7 \text{ l/s} > 334,5 \text{ l/s}$

Datensatz: von 7

Berücksichtigung von Inlinern bei der hydraulischen Berechnung

Das Beispiel zeigt:

Trotz Querschnittsverlust infolge einer Renovierung ist eine Erhöhung der Abflussleistung möglich!

- Geringere Wandrauigkeit des Inliners
(z. B. GFK ca. 0,03 mm vs. Beton ca. 0,1 mm)
- Geringere Verluste an Rohrverbindungen

Weitere Möglichkeiten zur Reduzierung der betrieblichen Rauheit:

- Optimierung der Gerinneausformung im Schacht
- Abdeckung des Fließgerinnes im Schacht
(siehe auch Beispiel im Anhang des DWA-A 110)

Kanalquerschnittsvergrößerung auf das notwendige Maß begrenzen

Prinzip: Abfluss vermeiden oder vermindern:

- Versickerung
- Regenwassernutzung
- Entsiegelung
- Reduzierung von Fremdwasser

Prinzip: Abfluss lenken und steuern

- Vermaschungen (Ausnutzung freier Abflusskapazitäten)
- Kanalnetzsteuerung

Kanalquerschnittsvergrößerung auf das notwendige Maß begrenzen

Regenwasserversickerung - Beispiele



Rigole

Quelle: Emschergenossenschaft

Zahlreiche gestalterische Möglichkeiten – Weg des Wassers sichtbar machen!



Sickermulde

Kanalquerschnittsvergrößerung auf das notwendige Maß begrenzen

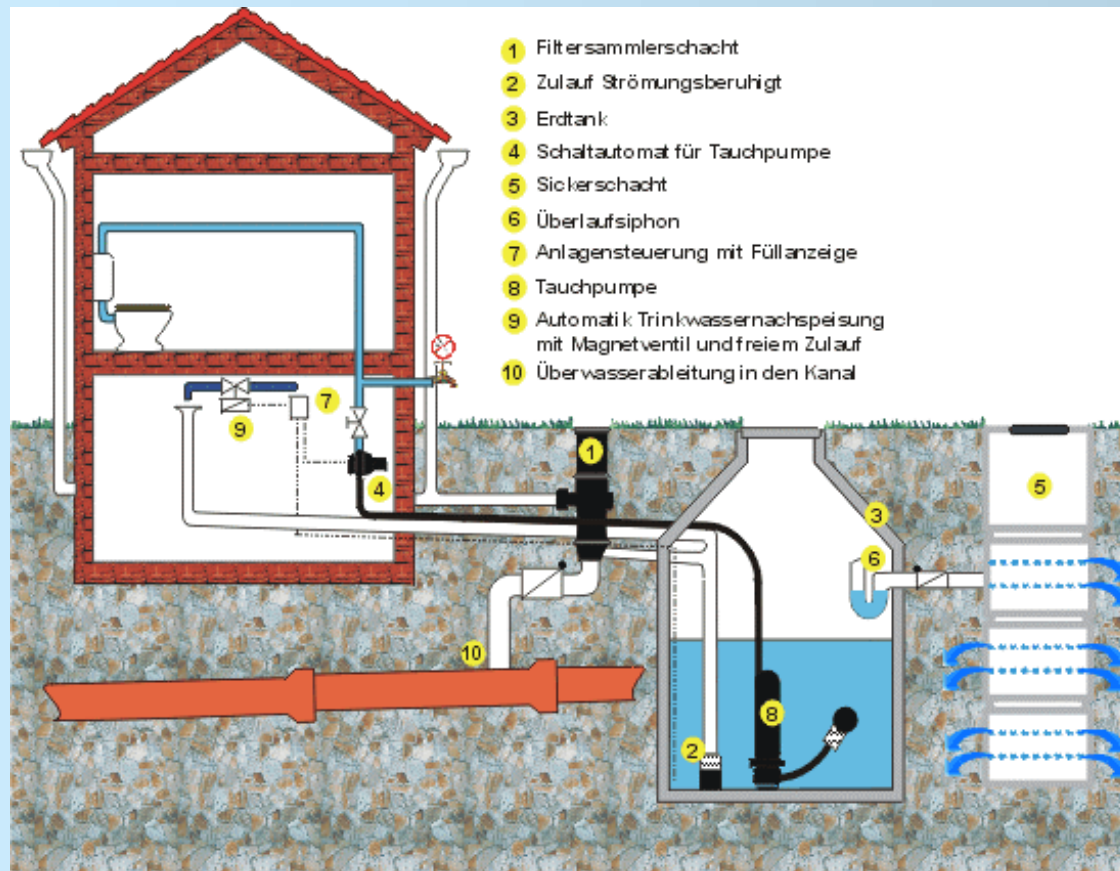


Regenwassernutzung

- Vom Dach abfließendes Regenwasser wird in einem Speicher („Zisterne“) gesammelt, gefiltert und zu den Verbrauchern im Haus (z. B. Toiletten, Wischwasserentnahme) und Garten (Bewässerung, Teich, Springbrunnen) transportiert.
- Kombination mit Versickerungsanlagen möglich
- Reduzierung des Trinkwasserverbrauchs um bis zu 50 % möglich – Anreiz durch Kosteneinsparung

Kanalquerschnittsvergrößerung auf das notwendige Maß begrenzen

Regenwassernutzung – Beispiel



Kanalquerschnittsvergrößerung auf das notwendige Maß begrenzen

Entsiegelung

- Abriss von nicht mehr genutzten bzw. nicht mehr benutzbaren Gebäuden oder Gebäudeteilen
- Beseitigung von wasserundurchlässigen befestigten Flächen und ggf. Ersatz durch wasserdurchlässige Bodenbeläge (Porenpflaster, Rasengittersteine, Kies-Splitt-Belag)

Voraussetzungen:

- Versickerndes Wasser ist unbelastet.
- Ausreichende Flächenverfügbarkeit
- Ausreichender Abstand zum Grundwasser

Kanalquerschnittsvergrößerung auf das notwendige Maß begrenzen

Entsiegelung - Beispiele



Fugenpflaster, Ökopflaster



Rasengitterstein

Kanalquerschnittsvergrößerung auf das notwendige Maß begrenzen

Dachbegrünung



Wasserrückhalt bis ca. 90 %

Nebeneffekt: Wärmedämmung im Winter und Hitzeschutz im Sommer

Kanalquerschnittsvergrößerung auf das notwendige Maß begrenzen

Quellen von Fremdwasser:

- eindringendes Grundwasser (Undichtigkeiten)
- zufließendes Drän-, Quell- und Bachwasser (Zulässigkeit ist im einzelnen Fall zu prüfen.)
- Fehlschlüsse (Hausanschlüsse)



Kanalquerschnittsvergrößerung auf das notwendige Maß begrenzen

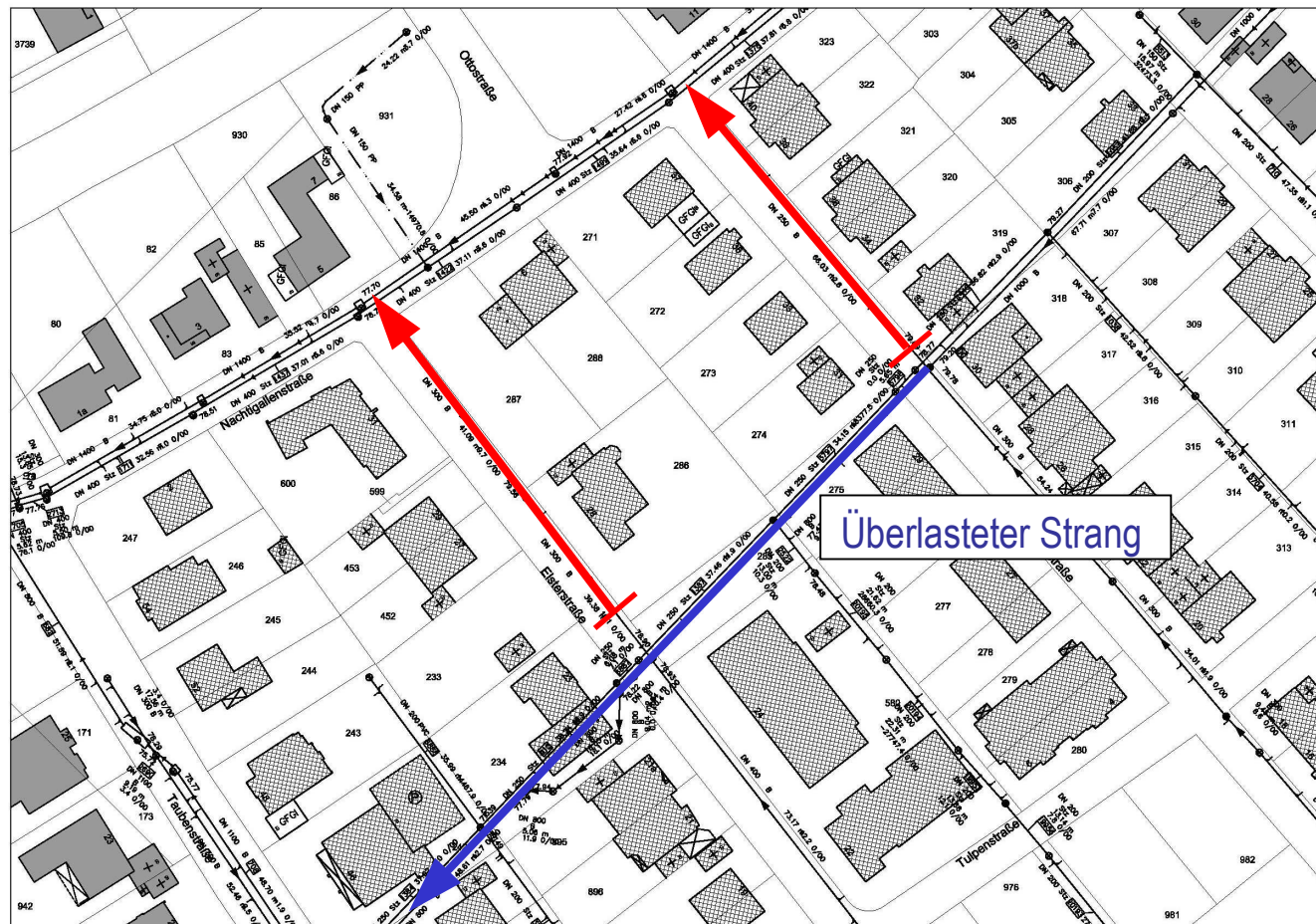


Vermaschung / Neue Netzverknüpfungen

- Ausnutzung freier Abflusskapazitäten durch neue Netzverknüpfungen
- Überleitung von Abwasser in benachbarte Stränge durch den Bau von Verbindungsstrecken, ggf. in Verbindung mit Drosseleinrichtungen o. ä.

Kanalquerschnittsvergrößerung auf das notwendige Maß begrenzen

Vermaschung - Beispiel



7. TAH-Sanierungstage: Sanierung von Abwasserkanälen, 16.-17. September 2009 in Würzburg
Dipl.-Ing. Marc Althoff: Hydraulische Berechnung der öffentlichen Kanalnetze als Grundlage der Sanierungsplanung

Kanalquerschnittsvergrößerung auf das notwendige Maß begrenzen

Kanalnetzsteuerung

- Ungleichmäßige Überregnung des Einzugsgebietes
- Durch Kanalnetzsteuerung wird auf die resultierenden unterschiedlichen Belastungszustände reagiert und vorhandene Speicherräume durch Abflussdrosselung besser ausgelastet.
- Einbeziehung der Kläranlage ist möglich (Verbundsteuerung).

Kanalnetzsteuerung ermöglicht:

- Reduzierung von Abflussspitzen
- Weniger Mischwasserentlastungen
- Minderung der hydraulischen Belastung für die Kläranlage

Zusammenfassung



- Eine sorgfältige hydraulische Berechnung ist wichtige Grundlage für eine effektive Kanalsanierung.
- Das Individualkonzept zur Berechnung der betrieblichen Rauheit liefert häufig günstige Ergebnisse, so dass eine Querschnittsminderung infolge Renovierung hingenommen werden kann.
- Eine große Bedeutung kommt der Vermeidung bzw. der Verminderung des Abflusses zu – häufig verbunden mit Einsparpotentialen.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!