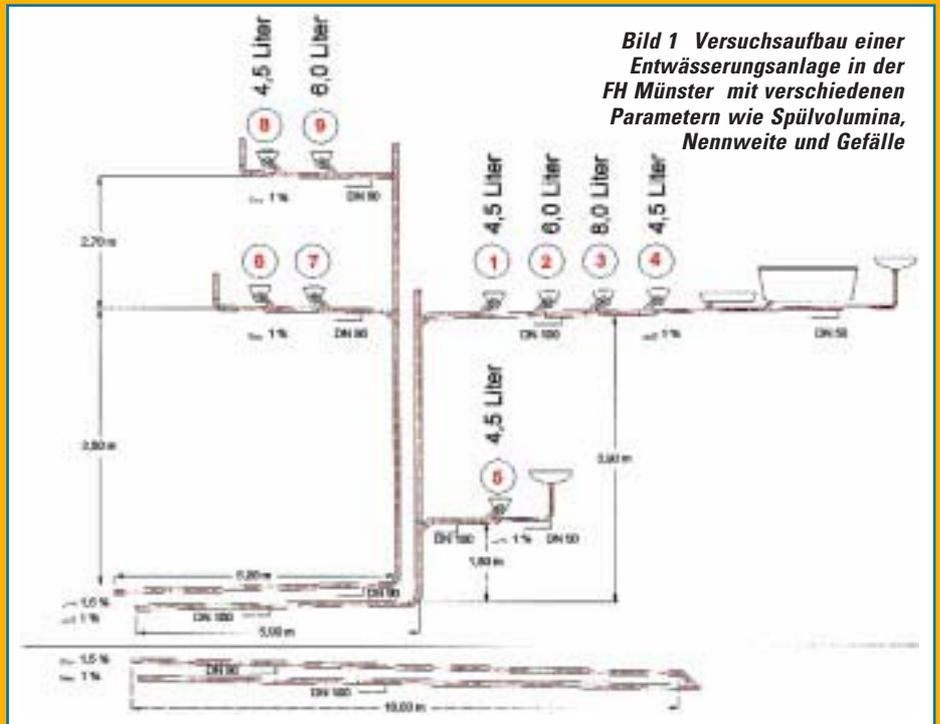


*Selbstreinigungsfähigkeit von Entwässerungsleitungen II*

# Versuche und Lösungsansätze

Prof. Bernd Rickmann\*

*Welcher Zusammenhang besteht zwischen WC-Spülung sowie Nennweite und Gefälle – besonders im Bereich der Sammel- und Grundleitungen? Im folgenden Beitrag beschreibt der Autor die vom ZVSHK in Auftrag gegebene Versuchsreihe mit verschiedenen Spülwassermengen, Rohrweiten und Gefällen, die an der FH Münster durchgeführt wurde. Außerdem zeigt er praktische Lösungsansätze auf.*



**Bild 1 Versuchsaufbau einer Entwässerungsanlage in der FH Münster mit verschiedenen Parametern wie Spülvolumina, Nennweite und Gefälle**

Mit Beginn der Diskussion um reduzierte Spülwassermengen war klar, daß mit den verfügbaren Mitteln absolute Feststellungen, z. B. auf Grundlage von Feldversuchen in Pilotanlagen, nicht erreicht werden können. Alternative Untersuchungen in Laboranlagen haben zwar den Nachteil, daß die tatsächlichen Abflußverhältnisse in realen Entwässerungsanlagen nicht völlig realistisch simuliert werden können, aber auch den Vorteil, daß sie einfach und kostengünstig durchführbar sind. Ziel der experimentellen Untersuchungen im Labor sollte es daher sein, durch vergleichende Betrachtungen eine objektive Bewertung der Abflußverhältnisse zwischen den in Deutschland praxiserprobten DIN 1986-Anlagen und einer EN 12056-Anlage mit 4,5-Liter-Spülung vornehmen zu können. Mit dem Versuchsaufbau sollte es ferner ermöglicht werden, die Abflußzustände in den als kritisch zu be-

zeichnenden liegenden Entwässerungsleitungen zu beschreiben und zu bewerten. Auf Grundlage der experimentellen Ergebnisse sollten dann Bemessungsregeln für die Gebäudeentwässerung bestätigt bzw. neu formuliert werden, die auch bei Einsatz wassersparender Maßnahmen zur zwangsläufigen Selbstreinigung aller Entwässerungsleitungen führen.

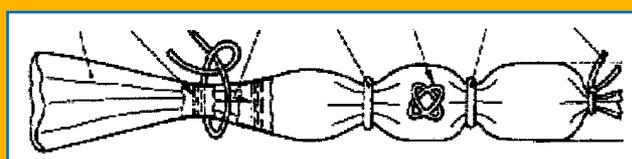
### Versuchsaufbau

Aus diesen Überlegungen heraus wurde ein Prüfstand mit transparenten Leitungen entworfen, der in seiner letzten Ausbaustufe Bild 1 entspricht. Die eigentliche Prüfstrecke für die Abwasserströmung weist in der liegenden Leitung eine abgewinkelte Länge von 15 m auf. Die Prüfstrecke wird nach ca. 5 Metern mit zweimal zwei 45°-Bögen um 180° umgelenkt.

### Versuchsdurchführung

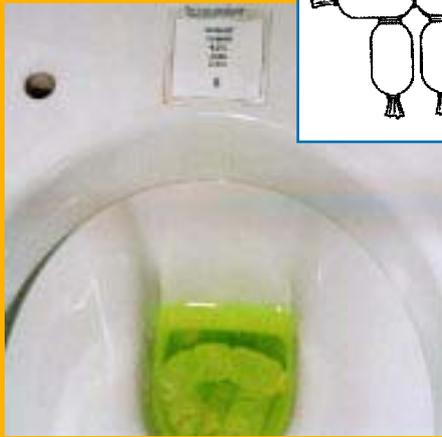
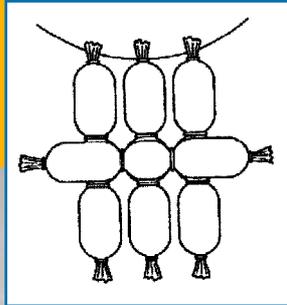
Für eine erste Meßreihe entschied man sich für folgende Vorgehensweise.

- Es werden Prüfkörper nach DIN 1385 verwendet.
- Analog zum Prüfverfahren nach DIN 1385 werden für die erste Spülung vier Prüfkörper ohne Papierzugaben eingesetzt.
- Alle nachfolgenden Spülvorgänge werden als reine Wasserspülung durchgeführt.
- Eine neue Spülung wird erst ausgelöst, wenn das vorhergehende Spülwasser vollständig abgelaufen ist.
- Gemessen wird jeweils die Transportweite pro Spülvorgang, bezogen auf den letzten Prüfkörper.
- Mit dem vollständigen Ausspülen der Versuchsstrecke bzw. nach maximal 10 Spülvorgängen ist der Einzelversuch in der Versuchsreihe beendet.



**Bild 2 Prüfkörper nach DIN 1385**

\* Prof. Bernd Rickmann, Fachhochschule Münster, Fachbereich Versorgungs- und Entsorgungstechnik, 48565 Steinfurt, Telefon (0 25 51) 96 22 58, Telefax, (0 25 51) 96 21 40, eMail: rickmann@fh-muenster.de



**Bild 3 und 4** Anordnung der Prüfkörper – entsprechend DIN 1385 (s. Zeichnung) – in einem Klosettbecken, ohne Toilettenpapier



**Bild 5** Klosettbecken an den Spülpositionen 1 bis 5 (s. Bild 1), gefolgt von Duschwanne, Badewanne und Waschtisch

- Diese Vorgehensweise wird innerhalb einer Versuchsreihe unter gleichen Bedingungen insgesamt zehnmal wiederholt.
- Es werden Meßreihen für 8-, 6- und 4,5-Liter-Spülungen aufgenommen, ausgelöst an unterschiedlichen Positionen in der Versuchsanlage.

Die Spüleregebnisse werden vergleichend dargestellt.

### Erste Erkenntnisse aus sondierenden Spülversuchen

Eine ganze Reihe von sondierenden Spülversuchen lieferten zunächst folgende grundsätzliche Ergebnisse.

- Die Sammelschlußleitung vom Klosettbecken bis zur Falleitung wurde bis auf wenige zufällige Ausnahmen mit dem ersten Spülvorgang vollständig ausgespült.
- Nennenswerte funktionale Unterschiede zwischen den verwendeten Klosettbecken-typen unterschiedlicher Hersteller konnten nicht festgestellt werden.
- Einmal in der Prüfstrecke abgelagerte Prüfkörper konnten mit einem Abwasser-volumenstrom  $\leq 10$  l/min nicht mehr nennenswert transportiert werden.
- Einzelabflüsse aus Handwaschbecken, Waschmaschinen, Spülmaschinen – aber auch aus Duschen – leisten damit in der Versuchsanlage keinen wesentlichen Beitrag zur Ausspülung von abgelagerten Feststoffen.
- Die Entleerung einer Badewanne führt in jedem Fall zur spontanen Selbstreinigung aller betroffenen Leitungsteile

### Versuchsreihe DN 100

Im ersten Abschnitt sollen die Betriebsverhältnisse mit einer 8-Liter-Spülung und einem Rohrsohlengefälle von  $I = 1,0$  cm/m (DIN 1986 Stand 1978) als **Referenz** für die bisherigen Abflußverhältnisse in DIN-1986-Anlagen aufgezeigt werden.

### 8,0-Liter-Spülung

Die graphische Darstellung der Spüleregebnisse zeigt, daß bei einer 8-Liter-Spülung in der Regel eine vollständige Ausspülung der Versuchsstrecke mit maximal zwei Spülvorgängen erfolgt (Bild 6).

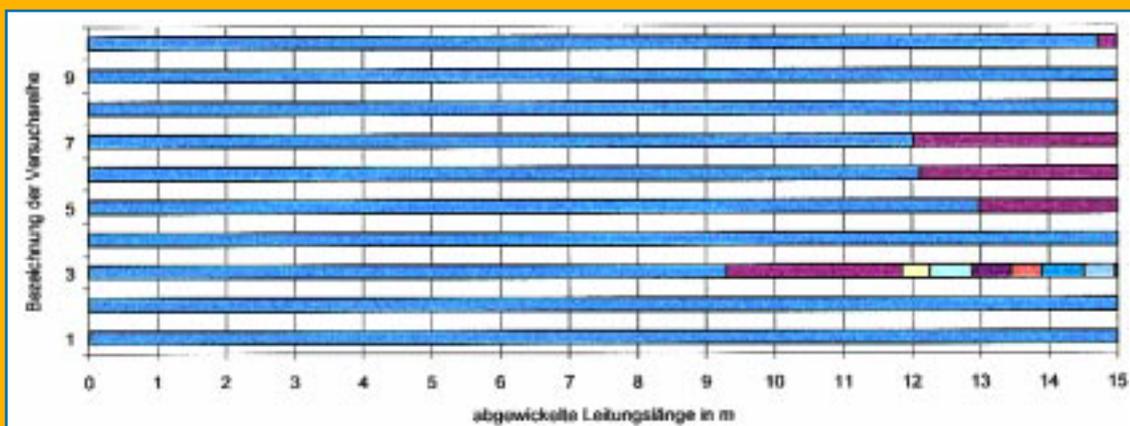
### 6,0-Liter-Spülung

Bei einer 6-Liter-Spülung verschlechtern sich die Abflußbedingungen deutlich. Dabei werden die Berechnungsergebnisse durch den Versuch bestätigt. Die Transportweite nimmt bereits mit der ersten Spülung deutlich ab, sodaß mehrere Nachspülvorgänge erforderlich werden, um die Versuchsstrecke vollständig auszuspülen. Diese kann aber im Rahmen der gesetzten Prüfbedingungen mit maximal zehn Spülvorgängen vollständig ausgespült werden (Bild 7).

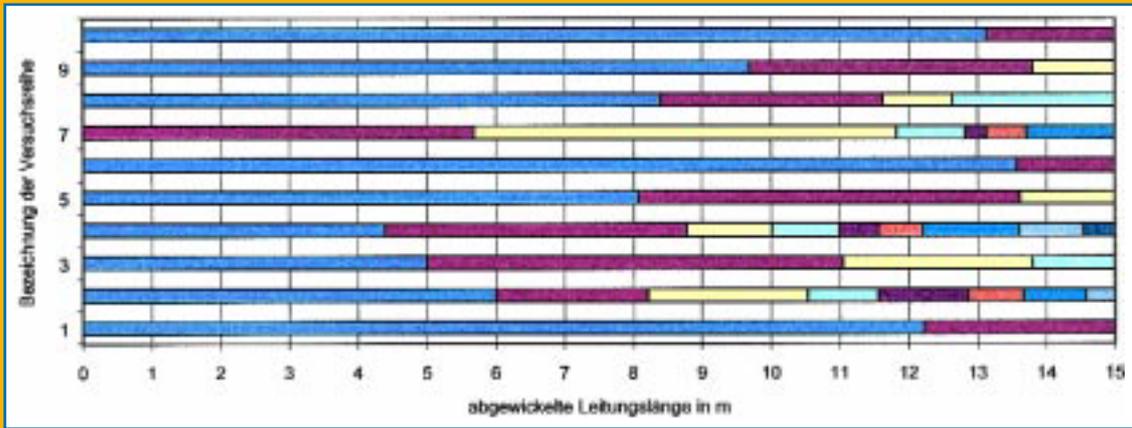
### 4,5-Liter-Spülung

Die Schwemmwirkung der jeweils ersten 4,5-Liter-Spülung transportiert das Spülgut in der Sammelleitung aus den Positionen 1 und 4 (s. Bild 1) im Mittel ca. 4–5 Meter weit; danach werden die Prüfkörper abgelagert. Je nach Anordnung der Prüfkörper in der Rohrsohle erfolgt der weitere Transport entweder noch spontan oder überhaupt nicht mehr. Bei ungünstiger Positionierung – d. h. die Prüfkörper liegen hintereinander parallel zur Rohrachse – ist das nachfolgende geringe Spülwasservolumen aus weiteren Spülvorgängen nicht mehr in der Lage, eine Strömung mit ausreichendem Füllungsgrad und entsprechendem Strömungsimpuls zu erzeugen. Das Wasser fließt seitlich an den Prüfkörpern vorbei.

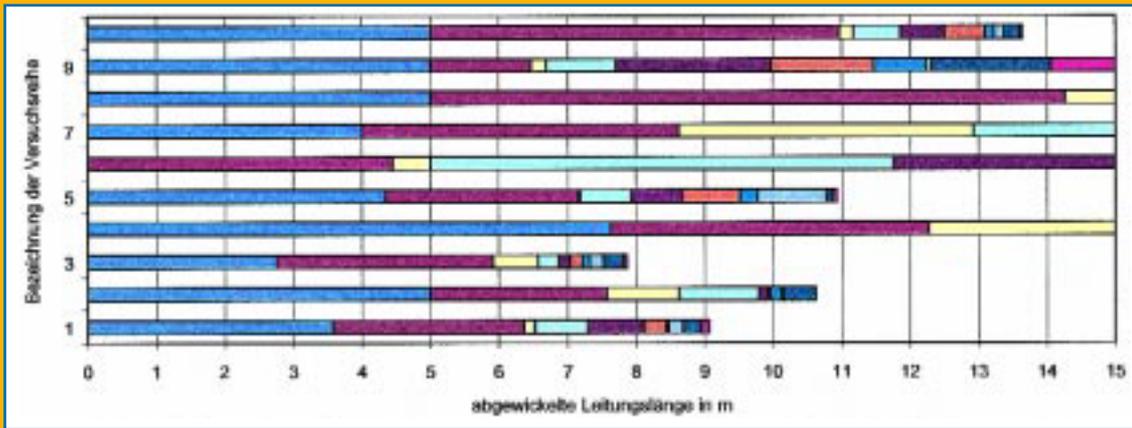
Ab ca. 8 m hinter der Falleitungsumlenkung ist ein Bereich festzustellen, in dem sich Ablagerungen dauerhaft einstellen können (Bild 8), sofern nicht Abflußereignisse aus anderen Entwässerungsgegenständen mit nennenswertem Abflußstrom den Weitertransport übernehmen.



**Bild 6** Anzahl der erforderlichen Spülversuche mit vier Prüfkörpern ohne Papierzugabe, dargestellt an der Sammelleitung DN 100 mit einem Gefälle von 10 mm/m, bei einem Spülvolumen von 8,0 l, aus Spülposition 3



**Bild 7** Anzahl der erforderlichen Spülversuche mit vier Prüfkörpern ohne Papierzugabe, dargestellt an der Sammelleitung DN 100 mit einem Gefälle von 10 mm/m, bei einem Spülvolumen von 6,0 l, aus Spülposition 2



**Bild 8** Anzahl der erforderlichen Spülversuche mit vier Prüfkörpern ohne Papierzugabe, dargestellt an der Sammelleitung DN 100 mit einem Gefälle von 10 mm/m, bei einem Spülvolumen von 4,5 l, aus Spülposition 4

**Bild 9** Die Prüfkörper setzen sich teilweise bereits 3 m nach dem Übergang von der Fall- und der Sammelleitung ab (o.), während ab ca. 8 m dauerhafte Ablagerungen festzustellen waren



ben durchgeführt und zwar ausgelöst aus den Spülpositionen 1, 4 und 5, mit

4 Prüfkörpern und 12 Blatt Papier, 3 Prüfkörpern und 9 Blatt Papier, 2 Prüfkörpern und 6 Blatt Papier.

Die Schwemmwirkung wird nach den bereits gewonnenen Erkenntnissen zwar erwartungsgemäß von der Masse und der Kompaktheit des Spülgutes beeinflusst, im direkten Vergleich ist der Einfluß von Papierzugaben jedoch nur untergeordnet. Grundsätzlich gilt, daß geringere Mengen mit relativ großer Geschwindigkeit transportiert werden können, während bei größeren Mengen die Fließgeschwindigkeit und damit die Transportweite abnimmt. Über alle Meßergebnisse gese-

hen ist die Transportweglänge pro Spülung mit Papierzugaben etwas größer als bei den ersten Versuchsreihen ohne Papier. Gelegentlich führten 4 Prüfkörper mit 12 Blatt Papierzugaben zu einer Verstopfung im Klosettbecken. Fast unabhängig von der Zusammensetzung des Spülgutes reichte die erste 4,5-Liter-Spülung in der Regel immer nur aus, um die Feststoffe 4–5 m in der liegenden Leitung der Versuchsstrecke zu transportieren. Eine Ausnahme lieferten auch hier die Spülversuche aus Position 5. Analog zu den vorstehenden Erkenntnissen zeigen aber auch diese Versuchsreihen deutlich, daß es bei 4,5-Liter-Spülungen in Leitungen der Nennweite DN 100 eine Tendenz zu Ablagerungen ca. 8–10 m hinter der Falleitungsumlenkung gibt.

*Fließgeschwindigkeiten*

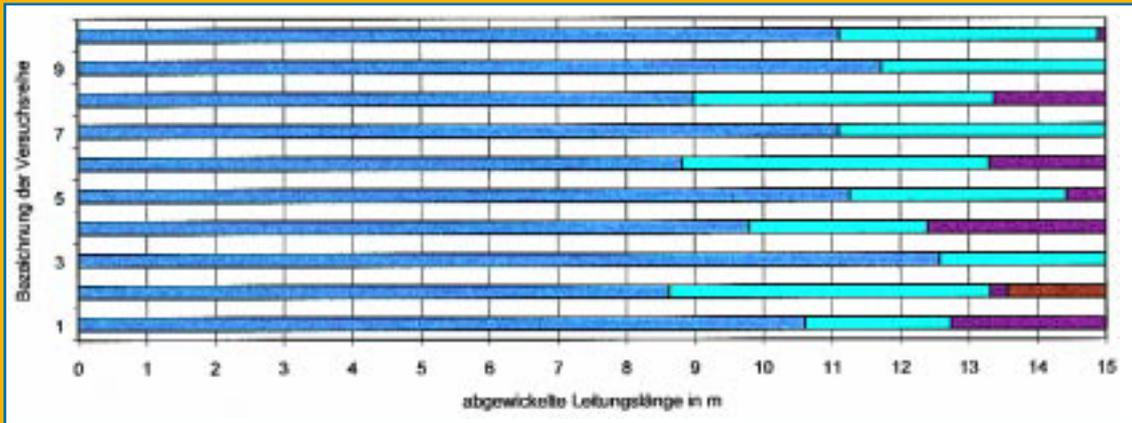
Neben der Ermittlung der reinen Transportweiten wurde eine zusätzliche Meßreihe aufgelegt, die nachweisen sollte, welche Fließgeschwindigkeiten mit dem ersten Spülvorgang erreicht und bei welchem kontinuierlichen Abfluß abgelagerte Feststoffe wieder aufgeschwemmt und mit nennenswerter Fließgeschwindigkeit weitertransportiert werden können. Für die Geschwindigkeitsmessung wurde ein Kontrollbereich mit einer Längenausdehnung von einem Meter hinter den Umlenkungen definiert. Die Auswertung der Meßreihe (Bild 13) zeigt, daß 8-Liter-Spülungen die Feststoffe im Kontrollraum der Versuchsanlage im Mittel noch mit einer Fließgeschwindigkeit von  $v_m = 0,56$  m/s transportieren. Bei einer 6-Liter-Spülung reduziert sich die mittlere

*Einfluß der Falleitungshöhe*

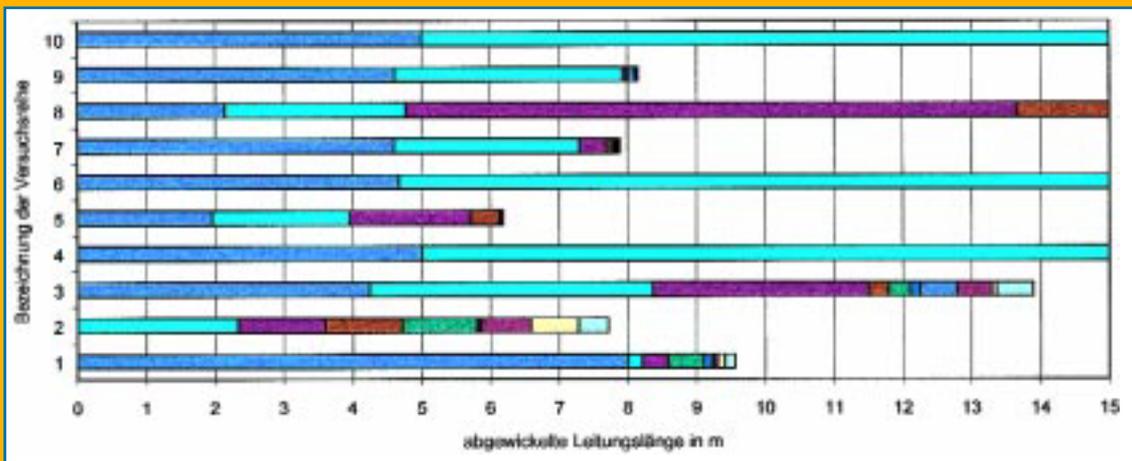
Die Abflußverhältnisse in der Sammel- bzw. Grundleitung verbessern sich, wenn die Spülung aus Erdgeschoßhöhe – Position 5 in Bild 1 – ausgelöst wird. Durch die in diesem Fall nur noch geringe Falleitungshöhe verbleibt in der Sammelleitung hinter den Prüfkörpern eine größere Nachspülwassermenge, die insgesamt für befriedigende Ausspülergebnisse sorgt (Bild 10).

*Einfluß von Papierzugaben*

Abweichend von den Prüfbedingungen für Klosettbecken nach DIN 1385 wurden die Spülversuche mit zusätzlichen Papierzuga-



**Bild 10** Anzahl der erforderlichen Spülversuche mit vier Prüfkörpern ohne Papierzugabe, dargestellt an der Sammelleitung DN 100 mit einem Gefälle von 10 mm/m, bei einem Spülvolumen von 4,5 l, aus Spülposition 5



**Bild 11** Anzahl der erforderlichen Spülversuche mit zwei Prüfkörpern und sechs Blatt Papier, dargestellt an der Sammelleitung DN 100 mit einem Gefälle von 10 mm/m, bei einem Spülvolumen von 4,5 l, aus Spülposition 4

Fließgeschwindigkeit bereits auf  $v_m = 0,42$  m/s. Spülungen aus der Position 4 mit 4,5 Litern erreichen den Kontrollraum für die Messung in der Regel nicht. Die Meßergebnisse bestätigen in etwa die Bemessungszielsetzungen in EN 12056-2 und in DIN 1986. In der europäischen Grundnorm wird künftig für eine 6-Liter-Spülung in DN 100 eine theoretische Mindestfließgeschwindigkeit von 0,5 m/s unterstellt. In DIN 1986-2 wurde bisher die Mindestfließgeschwindigkeit bei einer 9-Liter-Spülung in DN 100, bei einem Rohrsohlengefälle von  $I = 2,0$  cm/m, mit  $v = 0,7$  m/s festgestellt.

### Feststofftransport durch Dauerabfluß

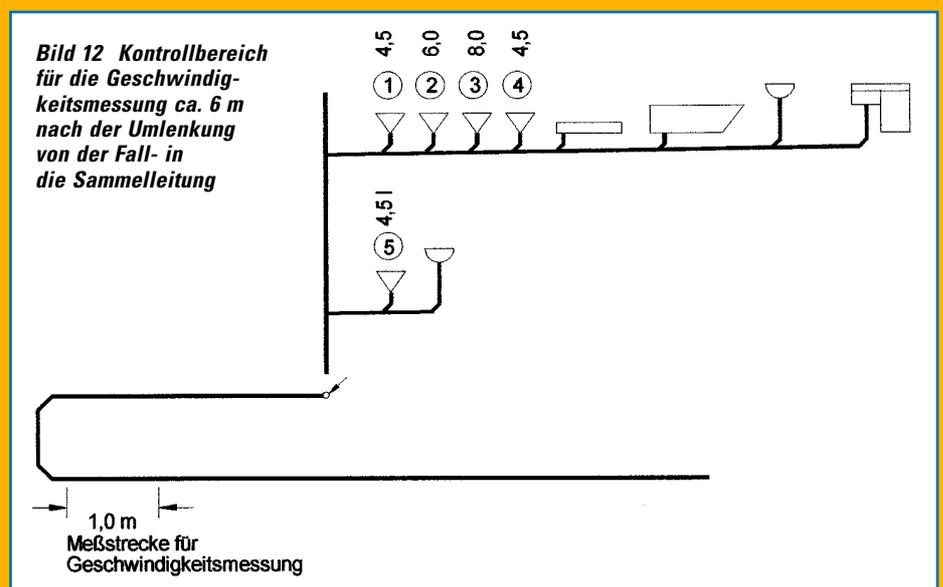
In dieser Versuchsreihe wurde der Frage nachgegangen, bei welchem Dauerabfluß einmal abgelagerte Prüfkörper mit Papierzugaben wieder aufschwimmen und mit einer Fließgeschwindigkeit transportiert werden, die in der Nähe der Mindestfließgeschwindigkeit in EN 12056 mit  $v_{min} = 0,5$  m/s liegt.

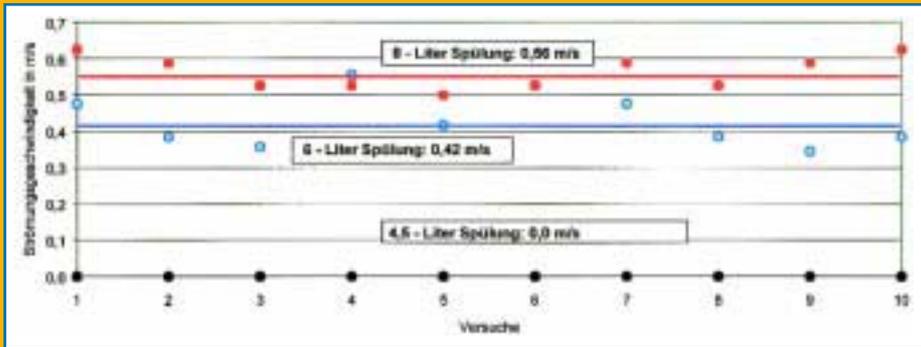
Wie die Auswertungen in Bild 14 zeigen, können solche Abflußverhältnisse erst bei einem Dauerabfluß von mehr als 20 l/min festgestellt werden.

### Bewertung DN 100

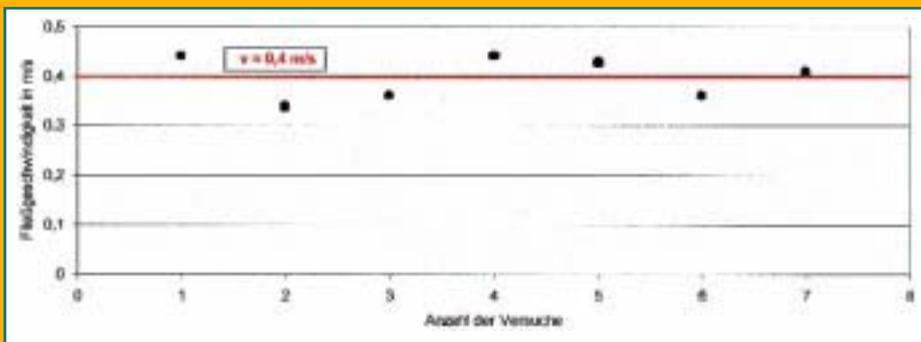
Die Auswertung der Versuchsreihen für die Nennweite DN 100 zeigt deutlich, daß eine

4,5-Liter-Spülung in Leitungen, die nur durch Einzelabflüsse beaufschlagt werden, deutlich schlechtere Selbstreinigungseigenschaften aufweist als vergleichbare Leitungen, die mit einer Referenzspülung von 8 Litern betrieben werden. Die Unterschiede werden besonders deutlich, wenn die Transportweiten miteinander verglichen werden,

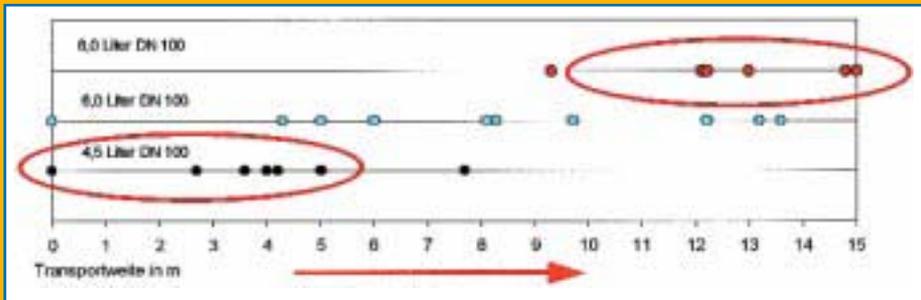




**Bild 13** Fließgeschwindigkeit verschiedener Spülwassermengen ca. 6 m nach der Umlenkung von der Fall- in die Sammelleitung DN 100, mit 10 mm/m Gefälle, aus den Spülpositionen 2, 3 und 4



**Bild 14** Erforderlicher konstanter Dauerabfluß von rund 20 l/min, um abgelagerte Prüfkörper und Papierzugaben in der Sammelleitung DN 100 mit 10 mm/m Gefälle wieder aufzuschwemmen und weiterzutransportieren



**Bild 15** Erzielbare Transportweiten in der Sammelleitung DN 100 mit 10 mm/m Gefälle mit dem ersten Spülvorgang unterschiedlicher Spülwassermengen

die mit dem ersten Spülvorgang erzielt werden können (Bild 15).

Von besonderer Bedeutung für die Praxis ist aber die Erkenntnis, daß sich bei 4,5-Liter-Spülungen ca. 8 Meter hinter der Fallleitungsumlenkung Ablagerungen dauerhaft einstellen können (s. Bild 7), sofern nicht Abflußereignisse aus anderen Entwässerungsgegenständen mit nennenswertem Abflußstrom (> 20 l/min) den Weitertransport übernehmen.

nicht zu prinzipbedingten Funktionsstörungen kommen kann. Problemlösungen sind wie folgt vorstellbar:

- Formulierung von Randbedingungen, in denen die 4,5-Liter-Spülung in DN 100 sicher funktioniert.
- Einsatz von kleineren Nennweiten DN 80 (DN 90)/DN 70 für Sammelanschluß-, Fall- und

## Lösungsansätze

Die vorstehend beschriebenen Abflußverhältnisse müssen Einfluß nehmen auf die Konstruktions- und Bemessungsregeln für Entwässerungsanlagen, damit es künftig

Q	DN	d <sub>i</sub>	J	h/d <sub>i</sub>	v
l/s		mm	cm/m		m/s
1,8	100	96	0,5	0,51	0,5
1,8	100	96	1,0	0,42	0,6
1,8	100	96	1,5	0,37	0,7
1,8	100	96	2,0	0,34	0,8

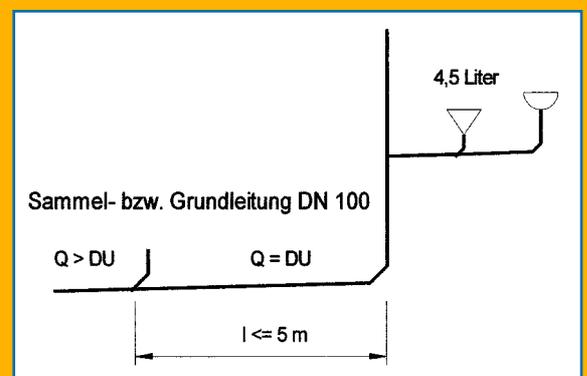
**Tabelle 1** Füllungsgrad und Fließgeschwindigkeit in Abwasserrohren DN 100 (n. Prandtl Colebrook)

Sammelleitungen zur Verbesserung der Transporteigenschaften.

- Einbau von sogenannten „Abflußverstärkern“.

## Festlegung von Randbedingungen (DN 100)

Über die Berechnungsergebnisse in Tabelle 1 kann gezeigt werden, daß die hydraulische Berechnung für eine 4,5-Liter-Spülung in DN 100 mit  $Q = DU = 1,8$  l/s die formalen Bedingungen für die Selbstreinigungsfähigkeit – Füllungsgrad  $h/d_i \leq 0,5$  und die Fließgeschwindigkeit  $v \geq 0,5$  m/s – rechnerisch zunächst erfüllt. Die schlechten Erfahrungen mit spülwasserreduzierten Klosettspülungen in DN 100 aus Skandinavien haben aber trotzdem dazu geführt, daß diese Kombination im „System I“ der EN 12056 nicht zugelassen wurde. Die in der eigenen Versuchsanlage vorgenommenen experimentellen Untersuchungen bestätigen, daß dieser Ausschluß aus guten Gründen vorgenommen wurde. Sie haben aber auch gezeigt, daß Selbstreinigungsfähigkeit noch sicher erwartet werden kann, wenn die Sammel- bzw. Grundleitung, die nur durch Einzelabflüsse beaufschlagt wird, nicht länger wird als 5 m. Dieses Ergebnis kann für normative Festlegungen oder zur Bewertung der Selbstreinigungsfähigkeit in vorhandenen Leitungsanlagen genutzt werden.



**Bild 16** Maßliche Festlegungen zur Sicherstellung der Selbstreinigungsfähigkeit in Sammel- bzw. Grundleitungen DN 100

Q	DN	d <sub>i</sub>	J	h/d <sub>i</sub>	v
l/s		mm	cm/m		m/s
1,8	70	68	1,0	0,75	0,6
1,8	70	68	1,5	0,64	0,7
1,8	70	68	2,0	0,58	0,8

**Tabelle 2 Füllungsgrad und Fließgeschwindigkeit in Abwasserrohren DN 70 (n. Prandtl Colebrook)**

Q	DN	d <sub>i</sub>	J	h/d <sub>i</sub>	v
l/s		mm	cm/m		m/s
1,8	90	79	1,0	0,56	0,6
1,8	90	79	1,5	0,50	0,7
1,8	90	79	2,0	0,46	0,8

**Tabelle 3 Füllungsgrad und Fließgeschwindigkeit in Abwasserrohren DN 90\* (n. Prandtl Colebrook)**

\* Bezeichnung nach EN 12056-2 für die bisherige DN 80

### Kleinere Nennweiten

Die Fähigkeit zur Selbstreinigung kann in einer Freispiegel-Entwässerungsleitung durch Erhöhung des Füllungsgrades und durch Steigerung der Fließgeschwindigkeit verbessert werden. Ohne Experiment und Berechnung ist zu erwarten, daß sich mit Verringerung des Leitungsdurchmessers eine Erhöhung des Füllungsgrades einstellt. Es liegt daher nahe, bei Verwendung von spülwasserreduzierten Klosettanlagen die bisherige Mindestnennweite von DN 100 für die nachfolgenden Leitungen aufzugeben und zu überprüfen, ob die Grundanforderungen in den kritischen Bereichen besser mit kleineren Nennweiten erfüllt werden können. In der Nennweitenreihe der DIN 1986 ist die nächst kleinere Nennweite DN 70. Seit einiger Zeit hat sich allerdings in Deutschland bereits die Nennweite DN 80 (90) für Einzel- und Sammelanschlußleitungen im Anschluß an Klosettbecken etabliert. Für beide Nennweiten sollen nun die Ergebnisse aus experimentellen Untersuchungen kombiniert mit rechnerischen Überlegungen auf Verwendbarkeit überprüft werden.

### Nennweite DN 70

Bereits die üblichen Berechnungen zeigen, daß der zulässige Füllungsgrad für liegende Leitungen der Nennweite DN 70 mit  $h/d_i = 0,5$  bei einem Spitzenvolumenstrom aus

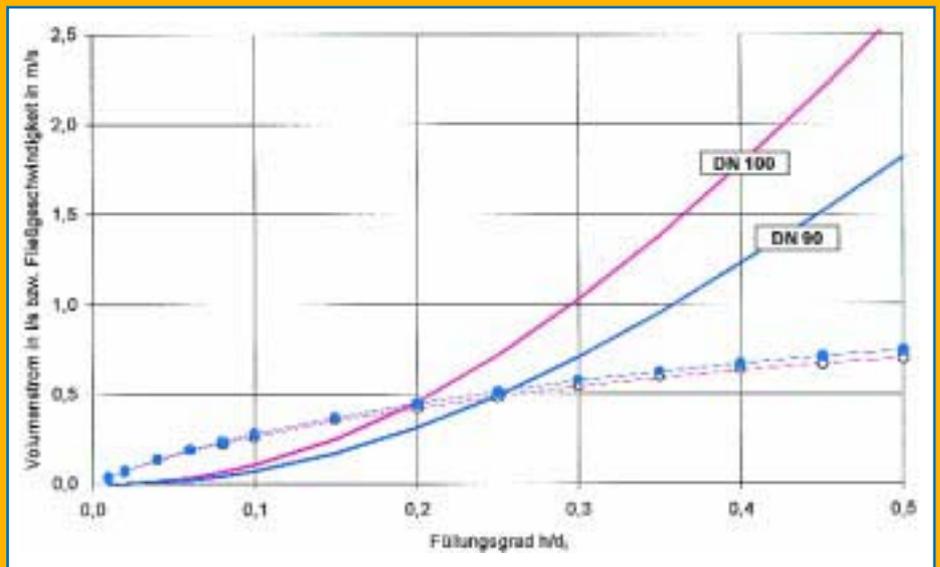
einer 4,5-Liter-Klosettspülung ( $Q = 1,8$  l/s) überschritten wird, sofern das Gefälle nicht deutlich größer als  $I = 2,0$  cm/m gewählt wird (Tabelle 2). Demzufolge ist im Anschluß an Klosettbecken die Nennweite DN 70 ( $d_i = 68$  mm) für Fall-, Sammel- und Grundleitungen im gesamten Geltungsbereich der EN 12056-2 nicht zugelassen. Die Vermutung, daß mit dieser Nennweite im Versuch keine befriedigenden Ergebnisse erzielt werden können, liegt daher nahe. Folgerichtig lieferten Versuche mit 4,5- bzw. 6-Liter-Spülungen in DN 70 mit  $I = 1,0$  cm/m keine akzeptablen Abflueigenschaften. Ausreichende Transportweiten stellten sich analog zu den Berechnungsergebnissen erst mit relativ großem Rohrsohlengefälle ( $I \geq 2,0$  cm/m) ein. Zusätzliche Probleme wurden im Bereich des Falleitungsanschlusses und auch im Umlenkungsbereich von der Fall- in die Sammel- oder Grundleitung durch nicht ausreichende Be- und Entlüftung festgestellt. Das Überschreiten des zulässigen Füllungsgra-

des von  $h/d_i = 0,5$  stellte sich zwangsläufig immer ein. Hinter der Falleitungsumlenkung führten die Abfluvorgänge gelegentlich zum vollständigen Zuschlagen der liegenden Leitung, bis hin zum Einstauen in die Falleitung. Diese Fehlfunktionen waren stark abhängig von der Masse des eingesetzten Spülgutes.

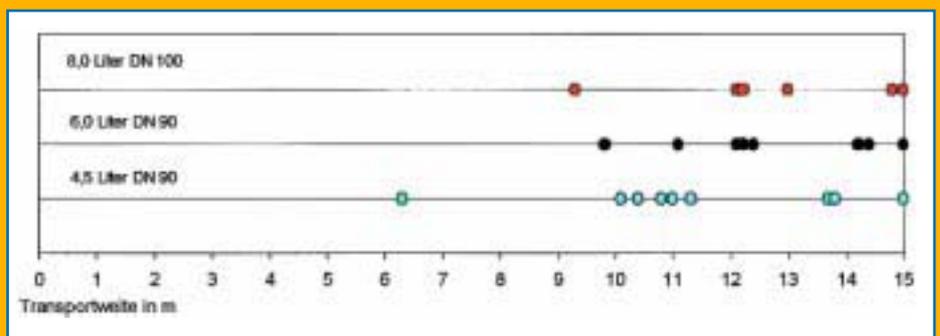
Auf Grund der normativen Festlegungen in EN 12056 und der experimentellen Ergebnisse muß die Verwendung der Nennweite DN 70 für Fall-, Sammel- und Grundleitungen im Anschluß an Klosettbecken weiterhin ausgeschlossen bleiben.

### Nennweite DN 80 (90)

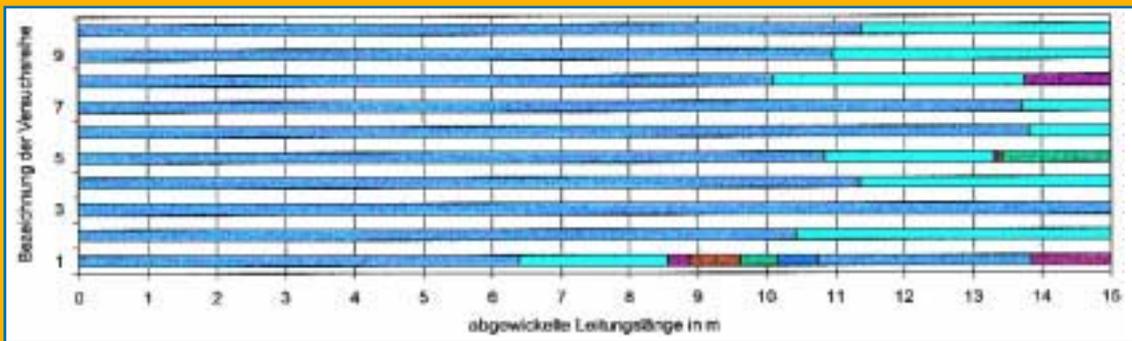
Gegenüber DN 70 weisen bereits die Ergebnisse aus den hydraulischen Berechnungen für die Nennweite DN 80 (90) aus, daß mit diesem Durchmesser offensichtlich eine Verbesserung der Abflueigenschaften erreicht werden kann (Tabelle 3). Der erforderliche Spitzenabfluß mit  $Q = DU = 1,8$  l/s kann rechnerisch ab einem Rohrsohlen-



**Bild 17 Zusammenhang zwischen Volumenstrom, Füllungsgrad und Fließgeschwindigkeit bei DN 100 mit 10 mm/m Gefälle sowie DN 80 (90) mit 15 mm/m Gefälle**



**Bild 18 Transportweiten mit dem ersten Spülversuch, bei denen sich zeigte, daß durch die Nennweite DN 80 (90) die hydraulischen Grundbedingungen verbessert und die Prüfkörper wesentlich besser transportiert wurden**



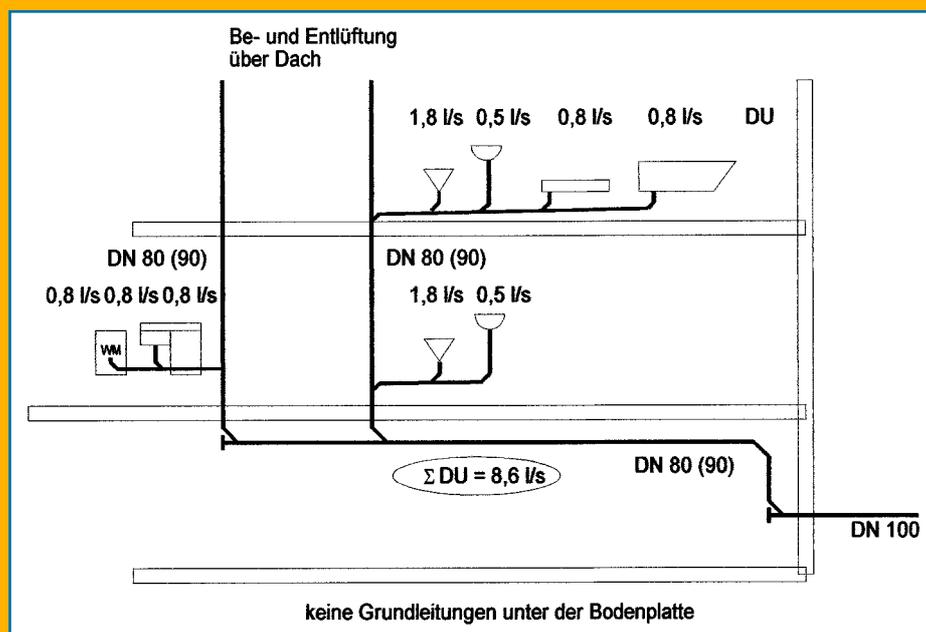
**Bild 19** Anzahl der erforderlichen Spülversuche mit vier Prüfkörpern ohne Papierzugabe, dargestellt an der Sammelleitung DN 80 (90) mit einem Gefälle von 15 mm/m, bei einem Spülvolumen von 4,5 l, aus Spülposition 6

gefälle von  $I = 1,5$  cm/m transportiert werden und der Füllungsgrad und die Fließgeschwindigkeit bleiben in den zugelassenen Grenzen. Dadurch nimmt im Vergleich zu

einer Leitung DN 100 mit  $I = 1,0$  cm/m der Füllungsgrad von  $h/d_1 = 0,4$  auf  $h/d_1 = 0,5$  zu, während die Fließgeschwindigkeit annähernd gleich groß bleibt (Bild 17).

Gefälle	DN 90		DN 100		DN 125		DN 150		DN 200		DN 225		DN 250	
	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v
cm/m	l/s	m/s	l/s	m/s	l/s	m/s	l/s	m/s	l/s	m/s	l/s	m/s	l/s	m/s
0,50			1,8	0,5	2,7	0,5	5,4	0,6	10,0	0,8	15,9	0,8	18,9	0,9
1,00	1,5	0,6	2,5	0,7	3,9	0,8	7,7	0,9	14,2	1,1	22,5	1,2	26,9	1,2
1,50	1,8	0,7	3,1	0,8	4,7	0,9	9,4	1,1	17,4	1,3	27,6	1,5	32,9	1,5
2,00	2,1	0,9	3,5	1,0	5,5	1,1	10,9	1,3	20,1	1,5	31,9	1,7	38,1	1,8
2,50	2,4	1,0	4,0	1,1	6,1	1,2	12,2	1,5	22,5	1,7	35,7	1,9	42,6	2,0
3,00	2,6	1,1	4,4	1,2	6,7	1,3	13,3	1,6	24,7	1,9	39,2	2,1	46,7	2,2
3,50	2,8	1,1	4,7	1,3	7,3	1,5	14,4	1,7	26,6	2,0	42,3	2,2	50,4	2,3
4,00	3,0	1,2	5,0	1,4	7,8	1,6	15,4	1,8	28,5	2,1	45,2	2,4	53,9	2,5
4,50	3,2	1,3	5,3	1,5	8,3	1,6	16,3	2,0	30,2	2,3	48,0	2,5	57,2	2,7
5,00	3,3	1,4	5,6	1,6	8,7	1,7	17,2	2,1	31,9	2,4	50,6	2,7	60,3	2,8

**Tabelle 4** Abflußvermögen von liegenden Leitungen (Nennweitenreihe ge. EN 12056)



**Bild 20** Beispiel des Strangschemas der Abwasserinstallation eines Einfamilienhauses

Die experimentellen Untersuchungen bestätigen auch hier die Berechnungsergebnisse. Durch die Verbesserung der hydraulischen Grundbedingungen werden Feststoffe bei 4,5- und 6-Liter-Spülungen wesentlich besser transportiert als in Leitungen der Nennweite DN 100. Die Ergebnisse sind vergleichbar mit denen der Referenzspülung (Bild 18). In Fall- und Grund- bzw. Sammelleitung verbleibt überall ein ausreichender Strömungsraum für die notwendige Be- und Entlüftung des Entwässerungssystems. Diese Feststellung gilt sowohl für 4,5- als auch für 6-Liter-Spülungen.

Die Nennweite DN 80 (DN 90) ist im System II für Fall- und Sammelleitungen zugelassen und verfügt im betreffenden Anwendungsbereich (Skandinavien) bereits über eine jahrelange Praxisbewährung.

## Berücksichtigung in Restnorm DIN 1986-100

### Altanlagen

Bei einem Einsatz von spülwasserreduzierten Systemen in Altanlagen muß der Planer eigenverantwortlich überprüfen, ob Selbstreinigung zu erwarten ist. Als positiv wirkende Einflüsse sind z. B. Badewannenabflüsse, kurze Fließwege zu Leitungsteilen, die häufig durchspült werden, ausreichendes Gefälle ( $I \geq 1,0$  cm/m) und Reinigungsmöglichkeiten zu werten. Können solche Gegebenheiten nicht festgestellt werden, kann durch den Einbau von sogenannten „Abflußverstärkern“ eine ausreichende Funktion im vorhandenen Anlagenbestand sichergestellt werden.

### Neuanlagen

In Neuanlagen muß die Selbstreinigungsfähigkeit durch die Wahl hydraulisch geeigneter Durchmesser, ermittelt auf

$\Sigma DU$	$Q = DU$	DN	$d_i$	J	$h/d_i$	v
l/s	l/s		mm	cm/m		m/s
8,6	1,8	90	79	1,5	0,50	0,74

Tabelle 5 Rechnerischer Nachweis für die Sammelleitung DN 80 (90) aus Bild 20

$\Sigma DU$	$Q = DU$	DN	$d_i$	J	$h/d_i$	v
l/s	l/s		mm	cm/m		m/s
12,6	1,8	90	79	1,5	0,50	0,74

Tabelle 6 Rechnerischer Nachweis für die Sammelleitung DN 80 (90) aus Bild 21

Grundlage der neuen europäischen Bemessungsregeln in EN 12056-2, sichergestellt werden. Für eine „normative“ Berücksichtigung der gewonnenen Erkenntnisse ist es dazu erforderlich, daß man einige Festlegungen aus dem „System 2“ in EN 12056-2 über die Restnorm DIN 1986 auch in Deutschland zuläßt. Das betrifft insbesondere die Festlegung eines Anschlußwertes für die 4,5-Liter-Spülung mit  $DU = 1,8$  l/s und die Aufhebung der Mindestnennweite von DN 100 bei Neufestlegung auf DN 80 (90) für Fall- und Sammelleitungen.

Durch die Forderung auf Verzicht von Grundleitungen unterhalb der Bodenplatte ist zu erwarten, daß künftig Entwässerungsinstallationen für Ein- und Zweifamilienhäusern, weitgehend mit der Nennweite DN 80 (90) freiverlegt installiert werden können.

Für die freiverlegte Sammelleitung wird ein Spitzenabfluß von  $Q = 0,5 \cdot \sqrt{8,6} = 1,47$  l/s berechnet. Dieser Wert ist kleiner als der Anschlußwert des größten angeschlossenen Entwässerungsgegenstandes, dem Klosett mit  $DU = 1,8$  l/s. Gemäß der Rechenregeln muß die Leitung für den größeren Wert bemessen werden (Tabelle 5).

Auch im Fall des Zweifamilienhauses ist der berechnete Spitzenabfluß mit  $Q = 0,5 \cdot \sqrt{12,6} = 1,77$  l/s noch geringer als der Anschlußwert des größten angeschlossenen Entwässerungsgegenstandes, so daß auch hier die Nennweite DN 80 (90) regelgerecht verwendet werden kann.

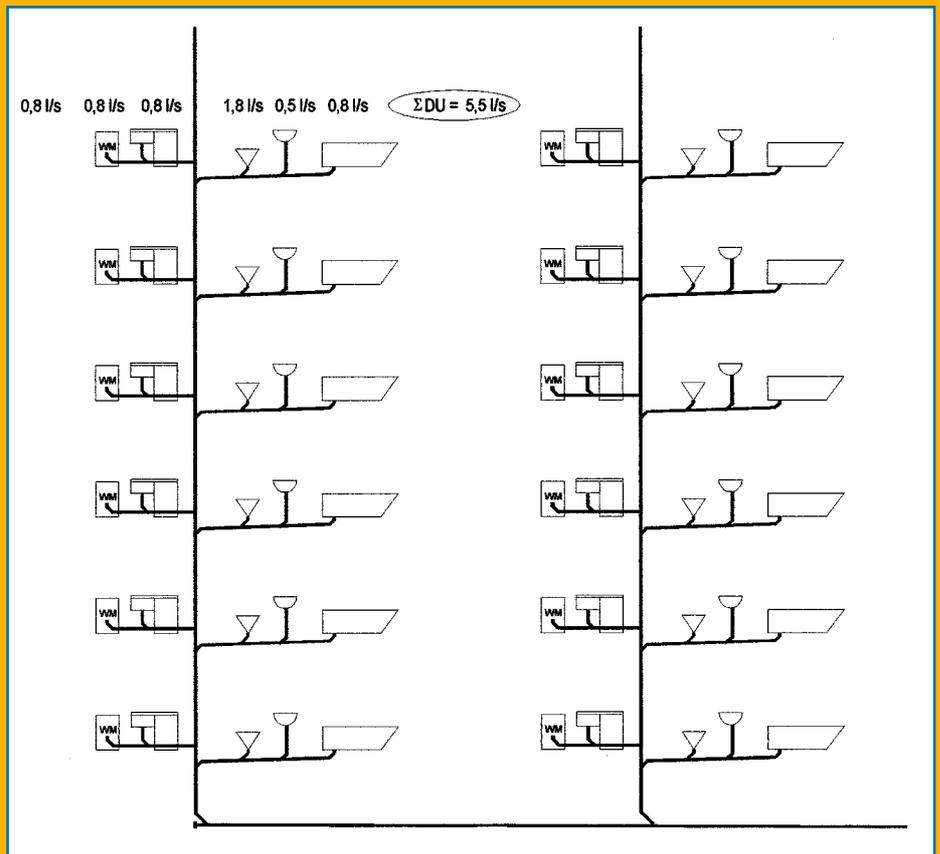


Bild 22 Beispiel für ein Berechnungsstrangschemata mit Wohneinheiten  $\Sigma(DU) = 5,5$  l/s

Werden mehr als drei Wohneinheiten mit  $\Sigma(DU) = 5,5$  l/s über eine Sammelleitung entwässert, liefert die Spitzenabflußberechnung einen größeren Wert als 1,8 l/s. Damit kann die planmäßige Überlagerung von Abflußereignissen unterstellt werden. Die entsprechenden Leitungsteile sind in diesem Fall dann gemäß Tabelle 4 zu bemessen.

Die einerseits in einigen Ballungsgebieten festzustellende Notwendigkeit, Trinkwasser zu sparen und andererseits die in der Bevölkerung vorhandene Bereitschaft, dies umzusetzen, führt zwangsläufig zuerst zu Überlegungen von Sparmaßnahmen im Bereich der Klosettspülung. Die gerade erfolgte bauaufsichtliche Zulassung von Klosettbecken und Spüleinrichtungen, die eine 4,5-Liter-Spülung ermöglichen, ist ein Zwischenergebnis dieser Entwicklung.

Rechnerische Betrachtungen und flankierende experimentelle Untersuchungen machen aber deutlich, daß sich die vom Nutzer als selbstverständlich unterstellte Selbstreinigung der Entwässerungsleitungen in der Nähe der spülwasserreduzierten Klo-

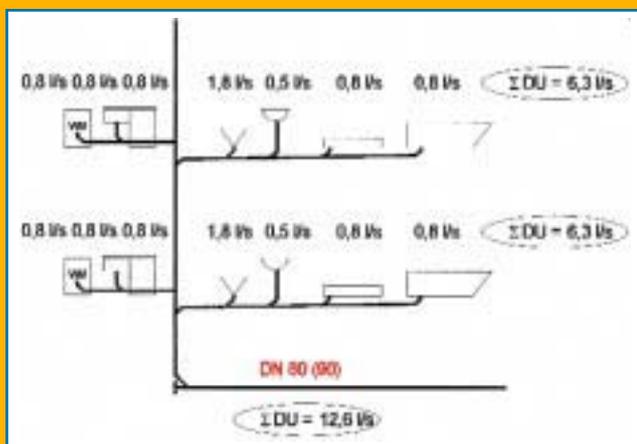


Bild 21 Beispiel des Strangschemas der Abwasserinstallation eines Mehrfamilienhauses

**Auftraggeber:**

Zentralverband Sanitär Heizung Klima  
(ZVSHK), St. Augustin

**Projekträger:**

Fachhochschule Münster  
Fachbereich Versorgungstechnik  
Prof. Dr. Franz-Peter Schmickler  
Prof. Bernd Rickmann

**Förderkreis:**

Duravit, Hornberg  
Grohe-DAL, Porta Westfalica  
Friatec, Mannheim  
Geberit, Pfullendorf  
Halberg Entwässerungssysteme, Köln  
Ideal Standard, Bonn  
Keramag Keramische Werke, Ratingen  
Laufen Keramik, Laufen – Schweiz  
Schwab Sanitär Plastik, Reutlingen  
Sanit Sanitär Technik, Eisenberg  
Villeroy & Boch, Mettlach  
Wavin Kunststoffrohrsysteme, Twist

settbecken nur dann dauerhaft einstellt, wenn man von herkömmlichen Bemessungsgewohnheiten Abstand nimmt.

Die Einführung der Nennweite DN 80 (90) als zusätzliche Nennweite zwischen DN 100 und DN 70 wird mit Einsatz der 4,5-Liter-Spülung notwendig und verbessert die Abwasserhydraulik auch bei Verwendung der zur Zeit noch üblichen 6-Liter-Spülung. In Ergänzung zu den vorbeschriebenen Untersuchungen laufen derzeit noch Versuche mit dem Ziel, die Nennweite DN 80 (90) auch für ein Rohrsohlengefälle von  $I = 1,0$  cm/m freizugeben. Ferner sind gleichsinnige Untersuchungen für ein Rohrsystem mit einem minimalen Innendurchmesser von  $d_i = 75$  mm geplant.

Die Grenzen der konventionellen Schwerkraftentwässerung sind nach Einschätzung der für die Projektdurchführung Verantwortlichen mit der 4,5-Liter-Spülung erreicht. Eine weitere Reduzierung des Spülwasservolumens macht in jedem Fall eine neue Entwässerungstechnik erforderlich, die als Schwerkraftentwässerung nur mit Einsatz von Abflußverstärkern oder Fremdenergie funktionieren kann. □