

Wassersparen und Spülbedarf

Reduzierte Rohrweiten für Klosettzu- und -abfluß

Dr. Hugo Feurich*

Aufgabe einer in Zusammenarbeit mit der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus durchgeführten Forschungsarbeit waren Untersuchungen mit dem Ziel einer Verringerung des Wasserverbrauchs für die Klosettspülung und kleinerer Rohrweiten für die Abfluß- und Zuflußinstallation als nach den geltenden Normen DIN 1986 und DIN 1988. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse [1] werden nachstehend mit den wesentlichen Schlußfolgerungen behandelt.

Bei einer Verringerung des Wasserverbrauchs für die Klosettspülung geht es um eine mögliche Wasserersparnis von 6 bis 8 m³ pro Jahr und Kopf, was bei einer Bevölkerung von rund 80 Millionen Menschen in Deutschland eine Reduzierung um etwa 480 000 000 bis 640 000 000 m³/a bedeutet. Außerdem geht es um eine mögliche Baukostenminderung in Höhe von etwa 400,- DM pro Wohnung bzw. bei öffentlichen und gewerblichen Bauten um etwa 300,- DM je Klosettanlage.

* Dr.-Ing. Hugo Feurich, Beratender Ingenieur, 13465 Berlin, Fax (0 30) 4 06 20 77

Wassersparende Klosettspülung

Die Klosettspülung unterliegt mit dem Ausspülen von Urin (täglich etwa 0,5 bis 2 l pro Person), von Fäkalien (täglich etwa 60 bis 250 g pro Person [2]) und von Toilettenpapier, d. h. u. a. von Feststoffen mit dem flüssigen Medium Wasser als Transportmittel bestimmten hydraulischen Anforderungen. Dabei geht es einmal um die Flächenspülung der Klosettschüssel und einmal um die Ausspülung des Geruchverschlußinhaltes mit dem Spülgut in die Schmutzwasser-Anschlußleitung bis in die Schmutzwasser-Falleitung; schließlich aber auch um das Fortschwemmen in die öffentliche Kanalisation und in dieser selbst Klosettbecken mit einem „Wassersparen-

den Rohrgeruchverschluß“ (Bild 1) benötigen für die Ausspülung von 0,3 l Urin und 4 Blatt Toilettenpapier, dem sogenannten kleinen Geschäft, bei unbelüfteten Schmutzwasser-Einzelanschlußleitungen DN 60 und DN 70 von 5 m Länge mit einem Rohrsohlgefälle von 5 bis 20 mm/m ein Spülwasservolumen von 1,5 bis 2,0 l (nach DIN 1986-1-Richtwert mindestens 3,0 l [3]). Für die Ausspülung von 12 Blatt Toilettenpapier nach den Prüfbestimmungen der DIN 1385 [4] wird ein Spülwasservolumen von 1,5 bis 3,5 l benötigt (nach DIN 1385 6,0 l). Für die Ausspülung von 4 Prüfkörpern nach DIN 1385 als Fäkalienersatz, dem sogenannten „großen Geschäft“, liegt das erforderliche Spülwasservolumen bei 2,0 bis 3,5 l (nach DIN 1385 6,0 l). Das geringste Spülwasservolumen

Gefälle I_s mm/m	Nennweite DN mm	Fließgeschwindigkeit v_{TM} m/s	Volumenstrom \dot{V}_{TM} l/s
5	60	0,408	0,423
	70	0,410	0,598
	80	0,448	0,768
	100	0,471	0,966
10	60	0,508	0,634
	70	0,526	0,692
	80	0,556	0,883
	100	0,617	1,264
15	60	0,598	0,695
	70	0,621	0,833
	80	0,650	1,003
	100	0,746	1,458
20	60	0,666	0,704
	70	0,692	0,869
	80	0,729	1,022
	100	0,816	1,405
5 bis 20	60	0,408 bis 0,666	0,423 bis 0,704
	70	0,410 bis 0,692	0,598 bis 0,869
	80	0,448 bis 0,729	0,768 bis 1,022
	100	0,471 bis 0,816	0,966 bis 1,458

Tabelle 1 Mittelwerte der Fließgeschwindigkeiten und Volumenströme nach Ultraschallmessungen bei sechs Klosettbecken mit Einzelanschlußleitungen DN 60, 70, 80 und 100 mit einer Länge von 5,00 m und einem Rohrsohlgefälle von 5, 10, 15 und 20 mm/m

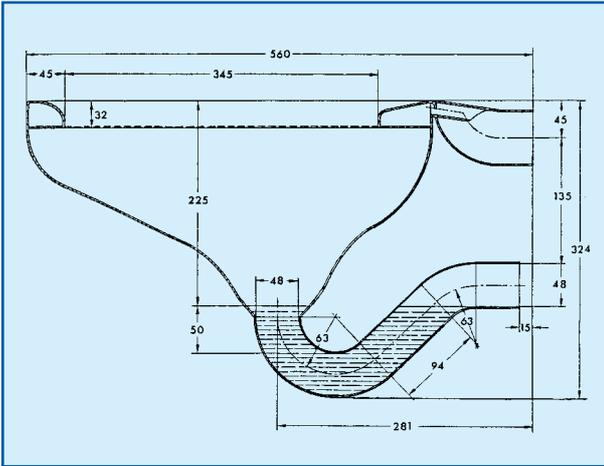


Bild 1 Schnitt durch ein wandhängendes Tiefspülklosett aus Edelstahl mit „Wassersparendem Rohrgeruchverschluss“ DN 50 ($d_i = 48 \text{ mm}$); DPÚa AZ 195 11 127.3-25

wurde bei einer Einzelanschlusbleitung DN 70 und einem Rohrsohlengefälle von 10 bis 20 mm/m in der vorgenannten Reihenfolge mit 1,5 – 2,0 – 2,0 l erreicht (nach der Norm 3,0 – 6,0 – 6,0 l). Die dafür maßgebenden Funktionsgrößen sind:

- ein Geruchverschlußinnendurchmesser von 48 bis 60 mm;
- ein Sperrwasserinhalt des Geruchverschlusses von 415 bis 700 cm³;
- ein geringer Durchflußwiderstand des Geruchverschlusses;
- eine Absaugwirkung auf den Geruchverschlußinhalt;
- ein strömungsgünstiger Übergang vom Klosettabgang auf die liegende Einzelanschlusbleitung.

Ausspülverhalten der Schmutzwasser-Anschlusbleitungen

Der Strömungsübergang vom Klosettabgang in die Schmutzwasser-Einzelanschlusbleitung verläuft unter Lufteinschlüssen, wobei der Rohrquerschnitt weitgehend gefüllt erscheint (Bild 2). Der Strömungsverlauf in der Einzelanschlusbleitung weist dabei einen sich verkleinernden Füllungsgrad auf. Die mittels Ultraschall durchgeführten Messungen ergaben bei einer Einzelanschlusbleitung DN 60 und einem Rohrsohlengefälle von 10 mm/m mit $h/d = 0,567$ an der Meßstelle M1 (Bild 3) den größten Füllungsgrad. Bis zur Meßstelle M2 erfolgte

eine Verringerung des Füllungsgrades auf $h/d = 0,454$. Der kleinste Füllungsgrad wurde bei einer Einzelanschlusbleitung DN 100 und einem Rohrsohlengefälle von 20 mm/m mit $h/d = 0,282$ an der Meßstelle M1 erreicht, der sich bis zur Meßstelle M2 auf $h/d = 0,200$ verringerte.

Der Volumenstrom wurde bei Einzelanschlusbleitungen DN 60 und DN 70 mit einem Rohrsohlengefälle von 5 bis 20 mm/m im Mittel aus fünf bestandenen Versuchen mit 0,423 bis 0,869 l/s, für die Nennweite 100 mit 0,966 bis 1,458 l/s (Tabelle 1) ermittelt (nach DIN 1986-2

2,5 l/s). Die Fließgeschwindigkeit als maßgebende Funktionsgröße für die Schwemmwirkung betrug unter den gleichen Voraussetzungen 0,408 bis 0,692 m/s für die Nennweiten 60 und 70 sowie 0,471 bis 0,816 m/s für die Nennweite 100 (nach DIN 1986-1 Mindest-Fließgeschwindigkeit 0,7 m/s).

Das Ausspülverhalten der Einzelanschlusbleitungen ist danach von der Rohrweite und von dem sich in Abhängigkeit vom Rohrsohlengefälle einstellenden Wasserspiegelgefälle abhängig. Die sich tatsächlich einstellenden Volumenströme liegen erheblich unter dem Anschlußwert zur Bemessung der nachfolgenden Abwasserleitung in DIN 1986-2 von 2,5 l/s und auch unter demjenigen in dem Europäischen

Normentwurf DIN EN 12056-2 [5] für wassersparende Klosetts mit 4,0-l-Spülkasten von 1,5 l/s.

Festzustellen ist, daß sich mit zunehmender Rohrweite und zuhohendem Rohrsohlengefälle der Volumenstrom in der Einzelanschlusbleitung vergrößert. Damit wird aber auch der Spülwasserbedarf größer. Die Ursache liegt bei dem sich mit zunehmender Rohrweite und mit zunehmendem Rohrsohlengefälle verkleinernden Füllungsgrad. Vergleichsweise besitzt die Nennweite 100 für Klosett-Einzelanschlusbleitungen nach DIN 1986-2 das schlechteste Ausspülverhalten, das gerade noch vertretbar ist.

Bemessungswerte für die Dimensionierung

Entscheidend für die Dimensionierung von Schmutzwasserleitungen, d. h. für die Ermittlung der Rohrweiten ist, daß sich der Abfluß-Volumenstrom nach den durchgeführten Messungen in Abhängigkeit von der Rohrweite und vom Rohrsohlengefälle als Ausgangsgröße für das sich einstellende Wasserspiegelgefälle einstellt.

Bei einem Spülstrom von $\dot{V}_2 = 1,0$ bis 1,3 l/s für den Druckspüler DN 20 und von $\dot{V}_2 = 2,3$ l/s für den Wandeinbauspülkasten ohne angeschlossenes Klosett und bei einem Spülwasservolumen von $V_S = 3,0$ bis 6,0 l tritt beim Strömungsübergang in die Klosettschüssel, von dieser durch den Geruchverschluß bis zum Klosettabgang und schließlich vom Klosett-Anschlußstück in die liegende Einzelanschlusbleitung grundsätzlich eine Drosselung des Spülstromes



Bild 2 Strömungsübergang vom Klosettabgang in den Abzweig einer Anschlusbleitung. Im Abzweig führt eine rückstauende Wasserverteilung zu einer Minderung des Abflußvolumenstromes

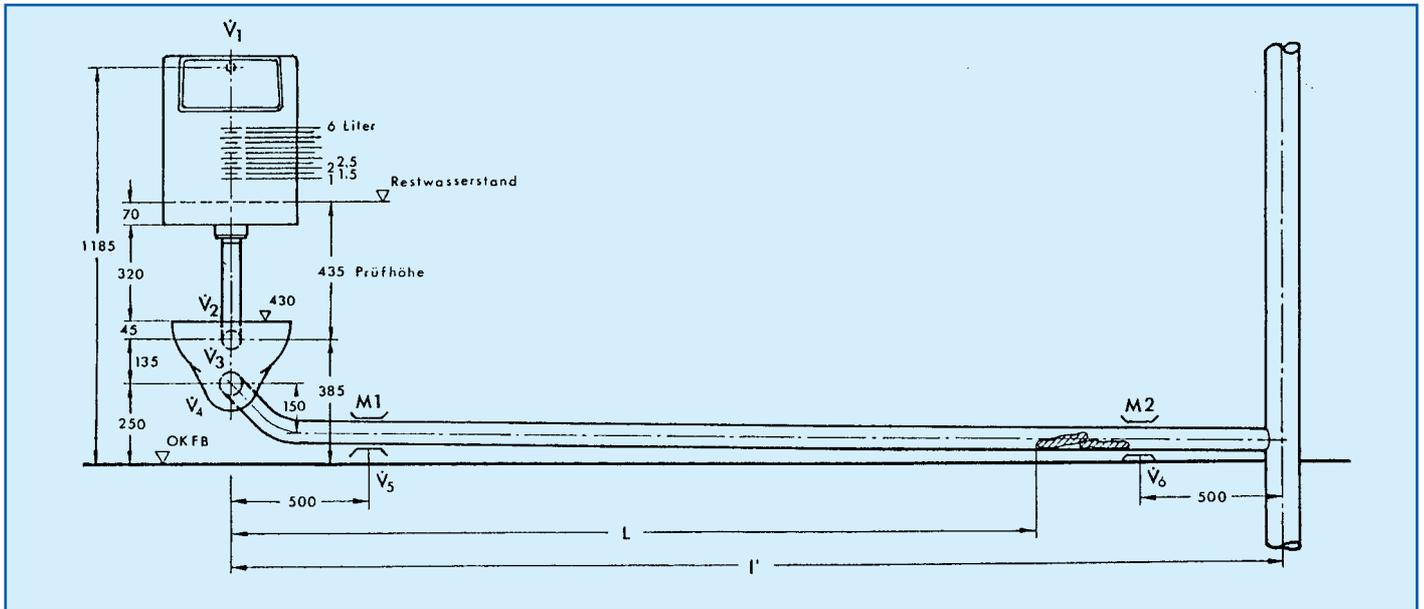


Bild 3 Schematische Darstellung des Prüfstandes zur Funktionsprüfung von Klosettbecken und zur Ermittlung der Transportweite des Spülgutes in Schmutzwasser-Einzelanschlußleitungen mit Anordnung der Meßstellen M1 und M2 zur Ermittlung der Füllhöhen des abfließenden Spülwassers mittels Ultraschall

ein. Dabei fällt die Drosselung des Spülstromes beim Spülkasten größer als beim Druckspüler aus, da Druckhöhe und verfügbare Leistung am Spülrohraustritt beim Spülkasten erheblich unter den Werten beim Druckspüler liegen. Beispielsweise erfolgte bei dem Klosett mit einem „Wassersparenden Rohrgeruchverschluß“ nach Bild 1 mit einer Einzelanschlußleitung DN 60 bei einem Rohrsohlengefälle von 10 mm/m folgende Drosselung:

Spülkasten/DN 60/10 mm/m:

$$\dot{V}_2 = 2,3 \text{ l/s}, \dot{V}_4 = 0,518 \text{ l/s}, v_4 = 0,507 \text{ m/s}$$

Druckspüler DN 20/DN 60/10 mm/m:

$$\dot{V}_2 = 1,1 \text{ l/s}, \dot{V}_4 = 0,471 \text{ l/s}, v_4 = 0,488 \text{ m/s}$$

Der Spülstrom \dot{V}_4 und die Fließgeschwindigkeit v_4 liegen in der Einzelanschlußleitung für beide Spüleinrichtungen dicht beieinander. Das Spülwasservolumen selbst hat darauf praktisch keinen Einfluß. Daraus und nach Tabelle 1 ergibt sich:

– Der für die Dimensionierung von Klosett-Einzelanschlußleitungen maßgebende Volumenstrom beträgt gerundet maximal 1,0 l/s für die Nennweiten 60, 70 und 80; maximal 1,4 l/s für die Nennweiten 90 und 100.

– Der Anschlußwert für Klosettbecken, der dem zur Bemessung der nachfolgenden Schmutzwasserleitung maßgebenden Volumenstrom entspricht ($1 \text{ AW}_s \triangleq 1,0 \text{ l/s}$), ist abhängig von der Rohrweite und vom Rohrsohlengefälle. Derselbe kann nach den mittels Ultraschall durchgeführten Messungen wie folgt angenommen werden:

$\text{AW}_s = 1,0$ für Einzelanschlußleitungen DN 60, DN 70 und DN 80;

$\text{AW}_s = 1,4$ für Einzelanschlußleitungen DN 90 und DN 100.

– Basiswerte für die Nennweite der Einzelanschlußleitungen für Klosettbecken sind danach bei einem Rohrsohlengefälle von 5 bis 20 mm/m die Nennweiten 60, 70, 80, 90 und 100. Die hydraulisch günstigsten Voraussetzungen für die einwandfreie Ausspülung des Spülgutes besitzt dabei die Nennweite 70 bei einem Rohrsohlengefälle von 10 bis 20 mm/m.

– Eine direkte Abhängigkeit vom Spülwasservolumen und vom Spülstrom der Spüleinrichtung, wie sie in der DIN 1986-2 und in dem Europäischen Normentwurf DIN EN 12056-2 gehandhabt wird, besteht nicht.

– Bei Klosettbecken mit einem „Wassersparenden Rohrgeruchverschluß“ und Spülkasten kann bei einem Spülwasservolumen von 3 Liter der für die Dimensionierung der Zuflußleitung maßgebende Berechnungsdurchfluß von 0,13 l/s nach DIN 1988-3 [6] auf 0,05 l/s herabgesetzt werden. Die Zufluß-Anschlußleitung an den Spülkasten kann dann mit einem Innendurchmesser von 8 mm statt 10 mm ausgeführt werden.

Anwendungsbereiche, Bau- und Betriebskosten

Anwendungsbereiche für die im Rahmen der Forschungsarbeit untersuchten Klosettbecken mit einem „Wassersparenden Rohrgeruchverschluß“ in den Nennweiten 50 bis 60 bestehen ohne Einschränkung beispielsweise für ein- und mehrgeschossige Bauten bis zum Hochhaus, Einfamilien- und Mehrfamilienhäuser, öffentliche und gewerbliche Bauten, Neubauten und Altbauten.

Bei Neubauten und bei der Sanierung von Altbauten sind die Schmutzwasser-Einzel-

anschlußleitungen der Klosettbecken allgemein, d. h. auch für alle handelsüblichen Klosettbecken mit einem Spülwasservolumen von 6 bis 14 l, in den Nennweiten 60 und 70 statt DN 100 nach der z. Z. gelten-

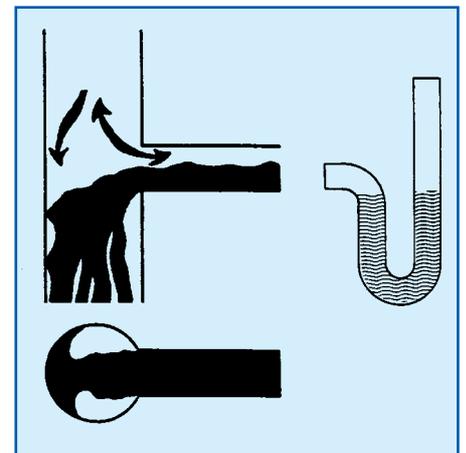


Bild 4 Der Falleitungsabzweig 88,5° mit reduzierter Anschlußweite (Füllungsgrad $h/d = 0,5$) zeigt gute Luftzirkulation. Zu einer Absaugung des Geruchverschlußinhaltes kommt es nicht

den DIN 1986-2 auszuführen. Die dafür ermittelten Anschlußwerte von $\text{AW}_s = 1$ ergeben auch kleinere Rohrweiten für Schmutzwasser-Falleitungen. Danach können an eine Schmutzwasser-Falleitung in der Nennweite 80 mit Hauptlüftung die Entwässerungsgegenstände von maximal 22 übereinander liegenden Wohnungen angeschlossen werden. Nach DIN 1986-2 erfordert das eine Falleitung in der Nennweite 125, nach dem Europäischen Normentwurf DIN EN 12056-2 allerdings auch nur die Nennweite 80.

Die hydraulisch volle Belastbarkeit der Falleitung (Bild 4) wird durch eine kleinere Anschlußweite, z. B. Abzweig 88,5° DN 80/70, sichergestellt. Sowohl bei Halfüllung der Anschlußleitung mit $h/d = 0,5$, die nach den durchgeführten Messungen bei der Nennweite 70 unterschritten wird, als auch bei einem kleineren Füllungsgrad ist eine ausreichende Be- und Entlüftung für Fall- und Anschlußleitung gewährleistet.

Bei Altbauten mit bestehenbleibender Abwasserinstallation können Klosettbecken mit einem „Wassersparenden Rohrgeruchverschluss“ in der Nennweite 50 oder 60 an Stelle der vorhandenen eingebaut und mit einem Spülwasservolumen von 2,0/1,5 l („großes Geschäft“/„kleines Geschäft“) betrieben werden.

Die Baukosten können bei einer Neuinstallation infolge kleinerer Rohrweiten für die Abfluß- und Zuflußinstallation und durch den Einsatz eines Mehrfachabzweiges (Bild 5) um etwa folgende Beträge gemindert werden:

400,- DM bei den Installations- und Baunebenkosten einer Wohnung, 300,- DM bei den Installations- und Baunebenkosten einer Klosettanlage. in öffentlichen und gewerblichen Bauten.

Die Betriebskosten (Wasserpreis und Abwassergebühr) sind effektiv etwa um folgende Werte zu mindern:

Bei 6 bis 8 m³/a Kopf Brutto-Wassersparnis ergeben sich 52,80 bis 70,40 DM/a Kopf Betriebskostensparnis bei einem Wasserpreis einschließlich Abwassergebühr von 8,80 DM/m³.

Auswirkungen des verringerten Abwasseranfalls

Das Institut für technische Gebäudeausrüstung und Siedlungswasserwirtschaft, Zweigstelle Würzburg, wirft die Fragestellung auf, ob eine weitere Reduzierung des Spülwasservolumens für die Klosettpülung deutlich unter 6 l mögliche Ablagerungen und Verstopfungen bei wenig beaufschlagten Leitungen zur Folge haben können. Aus Kreisen der Siedlungswasserwirtschaft wird die Befürchtung geäußert, daß dadurch auch im öffentlichen Entwässerungsnetz verstärkt Ablagerungen auftreten können, die dann ein häufigeres Freispülen von Abwasserkanälen und -leitungen erforderlich machen würden.

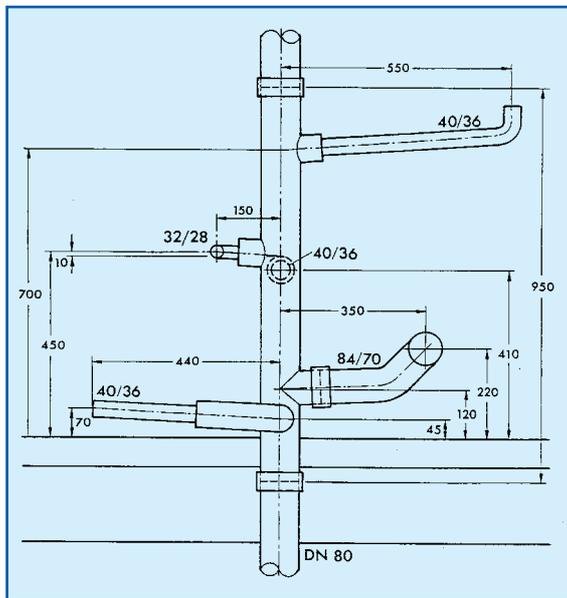


Bild 5 Faserzement-Mehrfachabzweig DN 80 für Waschmaschinenanschluß 40/36, Waschtischanschluß 32/28, Spültischanschluß 40/36, Klosettanschluß 84/70 und Badewannenanschluß 40/36

Zu dieser bereits bei der Reduzierung des Spülwasservolumens von 9 auf 6 l angesprochenen Befürchtung ist folgendes festzustellen: Die Problemstellung betrifft die Ausspülung von Fäkalien, die dickbreiig bis fest mit einem Wassergehalt von etwa 75 % mit 60 bis 250 g/Person und Tag anfallen [2]. Bei durchschnittlich zwei Benutzungen pro Person und Tag für den Stuhlgang sowie einer größtenteils ein- oder mehrmaligen Wiederholung des Spülvorganges [7] ist bei einer 2-l-Spülung für das „große Geschäft“ der Wasserverbrauch um durchschnittlich 12,5 l/Kopf und Tag zu verringern. Bei einem mittleren Gesamtwasserverbrauch von etwa 97 bis 150 l/Kopf und Tag [8] ergibt das eine Wasserersparnis in Höhe von 8,3- bis 12,9 %. Es erscheint wenig wahrscheinlich, daß unter diesen Voraussetzungen die Problemstellungen durch Ablagerungen von Fäkalien auftreten können. Festzuhalten ist auch, daß in den letzten 40 Jahren der Wasserverbrauch als Maß für den Abwasseranfall durch eine sich erweiternde Ausstattung mit Entwässerungsgegenständen wie Geschirrspül- und Waschmaschinen zugenommen hat.

Grasmeier kommt in seinem Forschungsbericht „Einschränkung des Wasserverbrauchs (Spülwasserverbrauch von Klosettanlagen 9 auf 6 l)“ [9] zu folgendem Ergebnis: In einem Langzeitversuch über die Dauer von mehr als 2 Jahren im Keller eines Gebäudes der Universitätskliniken Mainz wurde bei Sammelleitungen in Borisist®-Glasrohren folgendes festgestellt: „Die Leitungen zeigen eine Sielhautbildung über den ganzen Querschnitt im Fußbodenbereich der Falleitung und mit einer Schwärzung im Sohlbereich nach Eintritt der Beruhigung am Ende der 10-m-Strecke. Etwaige Ablagerungen von Papier oder unzerkleinerten Fäkalstoffen sind auch nach zwei Jahren noch nicht zu finden. Dagegen zeigt sich deutlich, wie sich die Sielhaut

nach einiger Zeit teilweise wieder von selbst abgelöst hat. Obwohl mit DN 150 überdimensioniert (Füllungsgrad etwa $h/d = 0,18$), hat diese mit 12 Klosettbecken, Wannen, Duschen usw. aus den Geschossen versehene Leitung während des Beobachtungszeitraums keine beeinträchtigenden Ablagerungen.

Die Langzeitbeobachtungen an dieser Leitung lassen den Schluß zu, daß die für die Forschung gewählte Prüflinie einen extrem ungünstigen Fall darstellt und sowohl mit Anschluß einer Fall- oder Sturzstrecke, als auch mit zusätzlichem Anschluß anderer Ablaufstellen günstigere Verhältnisse eintreten, die es in solchen Fällen sogar gestatten, auf eine bestimmte Nachlaufwassermenge ganz zu verzichten. In diesem Falle bliebe dann nicht mehr die Transportweite, sondern nur noch die Ausspülung der Feststoffe aus dem Klosett als einzige Einflußgröße über.“

Für die in diesem Bericht beschriebene Forschungsarbeit wurden 3 Klosettbecken mit einem „Wassersparenden Rohrgeruchverschluss“ DN 50 im Krankenhaus Rüdersdorf installiert. Der Anschluß erfolgte an die vorhandene Schmutzwasserleitung DN 100. Die Spülung wird mit einem Spülwasservolumen von 4 l über Wandeinbauspülkästen für zwei Klosettbecken seit dem 10. 1. 1996 und für das dritte Klosettbecken seit dem 7. 3. 1997 betrieben, ohne daß bisher Funktionsstörungen oder Verstopfungen aufgetreten sind.

Literatur

- [1] Feurich, Hugo: Forschungsbericht Untersuchungen zur Wassereinsparung bei der Klosettpülung und zu kleineren Rohrweiten bei der hydraulischen Dimensionierung der Zufluß- und Abwasserleitungen; Brandenburgische Technische Universität Cottbus, 1998.
- [2] Roche Lexikon Medizin, 3. Auflage 1993. Urban & Schwarzenberg, München/Wien/Baltimore.
- [3] DIN 1986-1, 06.88, Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke; Technische Bestimmungen für den Bau. Beuth Verlag GmbH, Berlin/Wien/Zürich. DIN 1986-2, 03.95, ...; Ermittlung der Nennweiten für Abwasser- und Lüftungsleitungen.
- [4] DIN 1385, 05.88, Klosettbecken mit angeformtem Geruchverschluss; Bau- und Prüfgrundsätze.
- [5] E DIN 12056-2, 10.95, Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden; Schmutzwasseranlagen, Planung und Berechnung.
- [6] DIN 1988-3, 12.88, Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen; Ermittlung der Rohrdurchmesser.
- [7] Bösch, Karl: Wassersparen mit dem Spülkasten, Der Sanitär-Installateur Heft 10/1976. Buchdruckerei und Verlag Aargauer Tagblatt AG, CH Aarau.
- [8] Moll, H.-G.: Wassersparen um jeden Preis? Nein Danke; Neue DELIWA-Zeitschrift, Heft 8/95.
- [9] Grasmeier, Karl: Einschränkung des Wasserverbrauchs (Spülwasserverbrauch von Klosettanlagen), Forschungsbericht F 1652, April 1980, Landesgewerbeamt Bayern. IRB Verlag, Stuttgart. □