

Dachentwässerung mit Druckströmung, Teil 2

Richtig dimensionieren und bemessen

Die Unterdruck-Dachentwässerung ist Thema dieser zweiteiligen Artikelserie. Dabei wird auf sachgerechte Planung, Ausführung und Anordnung von Flachdachabläufen eingegangen. Der letzte Teil dieser Serie beschäftigt sich mit der hydraulischen Dimensionierung von Druckentwässerungsleitungen und gibt Tipps für die Befestigung von Rohrleitungen im Unter- und Überdruckbereich.

Beim Druckströmungssystem werden die Regenwasserleitungen bezogen auf den jeweiligen Berechnungsfall vollgefüllt betrieben. Voraussetzung sind geeignete Flachdachabläufe (Bild 1), deren Dimensionierung nach der örtlichen Bemessungsregenspende $r_{5/2}$ und klein dimensionierte Anschluss-, Sammel- und Falleitungen erfolgt. Nach der VDI-Richtlinie 3806 ist bei der Ermittlung der Durchmesser für Druckentwässerungsanlagen die kleinste zulässige Nennweite DN 40, für kurze Einzelanschlussleitungen (< 3,00 m) in Ausnahmefällen auch DN 32.

Dimensionierung der Druckentwässerungsleitungen

Zur Sicherung der Selbstreinigungsfähigkeit der Leitungsanlage muss die Mindestfließgeschwindigkeit für Entwässerungsleitungen von $v = 0,7$ m/s berücksichtigt werden. Entsprechend der Darstellung in Bild 2 entsteht bei Vollfüllung der unterhalb des Daches ohne Gefälle zu verlegenden Sammelleitung eine Unterdruckbildung. Der höchste Unterdruck, der als kritischer Punkt x bezeichnet wird, befindet sich in der Regel im Bereich der Umlenkung in die Falleitung. Zulässig ist allgemein ein Unterdruck von -1000 mbar, abzüglich eines Verdampfungs- und Geschwindigkeitsdruckes von maximal etwa 150 mbar. Damit beträgt der maximal zulässige Unter-

druck an der Umlenkung in die Falleitung -850 mbar. In der Falleitung verringert sich der Unterdruck bis zum sogenannten Nullpunkt auf 0 mbar. Die Lage des Nullpunktes wird rechnerisch mit Hilfe der Bernoulli-Gleichung (21) ermittelt. Nach dem Nullpunkt entsteht eine Überdruckbildung, die in einer vorzusehenden Beruhigungsstrecke von etwa 0,5 bis 2 m Länge ihren Höchstwert erreicht. Dabei soll in der auf Teilfüllung ausgelegten weiterführenden Leitung die Auslaufgeschwindigkeit von 2,5 m/s nicht überschritten werden. Die Beruhigungsstrecke ist daher für eine Fließgeschwindigkeit $< 2,5$ m/s bei Vollfüllung zu dimensionieren. Der Übergang auf Teilfüllung, Expansionspunkt genannt, befindet sich über der örtlich angegebenen Rückstauenebene, auf keinen Fall darunter. Der Überdruck geht hier auf Null zurück. Ausgang der hydraulischen Dimensionierung von Druckentwässerungsleitungen ist der geodätische Höhenunterschied zwischen der Dachfläche und der Rückstauenebene bzw. dem Übergang auf Teilfüllung, der als Druckhöhe zur Rohrdimensionierung nach Gleichung (19) zur Verfügung steht.

$$\Delta h_{\text{verf}} = h_{\text{geo}} \times \rho \times g \times 0,00981 \text{ in mbar} \quad (19)$$

– Δh_{verf} verfügbarer Druckverlust in mbar

– h_{geo} Geodätische Höhe in m (Bild 2)

– ρ Dichte des Wassers in kg/m^3
(rd. 1000 kg/m^3)

– g $9,81 \text{ m/s}^2$ = Fallbeschleunigung

– $0,000981$ Umrechnungsfaktor N/m^2 in mbar

Die verfügbare Druckhöhe Δh_{verf} steht für die Druckverluste durch Rohrreibung und Einzelwiderstände in der Druckentwässerungsanlage von den Abläufen bis zum Übergang auf Teilfüllung zur Verfügung. Es gilt die Gleichung (20).

$$\Delta h_{\text{verf}} = \Delta p = H \times 98,1 \text{ in mbar} \quad (20)$$

– H verfügbare Fallhöhe in m WS vom Dachablauf bis zum Übergang auf Teilfüllung (Bild 2)

– $98,1$ Umrechnungsfaktor m WS in mbar



Bild 1 Je nach Anwendungssituation können die speziell für die Dachentwässerung mit Druckströmung abgestimmten Flachdachabläufe mit Rohren aus Gusseisen und verzinktem Stahl kombiniert werden

Bei der Rohrdimensionierung kann der statische Druck, auch hydrostatischer Druck genannt, der von einer parallel zur Rohrwand strömenden Flüssigkeit auf die Rohrwand ausgeübt wird, für jeden beliebigen Punkt x der Anlage mit Hilfe der Bernoulli-Gleichung (21) ermittelt werden.

$$p_x = \frac{\rho \times g \times h_A}{100} - \frac{\rho \times v^2}{2 \times 100} - \Sigma(l \times R + Z) \quad (21)$$

in mbar

$\frac{\rho \times g \times h_A}{100}$ = zur Verfügung stehender Druck aus geodätischer Höhe h_{geo} in mbar

$\frac{\rho \times v^2}{2 \times 100}$ = dynamischer Druck in mbar

$\Sigma(l \times R + Z)$ = Druckverlust aus Rohrreibung und Einzelwiderständen in mbar (der Druckverlust durch Einzelwiderstände Z ist mit der betrieblichen Rauheit $k_b = 0,25$ mm erfasst)

l = horizontale Länge der Rohrstrecke in m

Das Rohrreibungsdruckgefälle R in Gleichung (22) gibt den Druckverlust durch Reibung für eine gerade Rohrstrecke von 1 m Länge an.

$$R = \frac{\Delta p_R}{l} = \frac{\lambda \times v^2 \times \rho}{2 \times d} \text{ in } 10^{-2} \text{ mbar/m} \quad (22)$$

Bei Abwasserleitungen wird mit der betrieblichen Rauheit k_b ein pauschaler Wert angewandt, der den Druckverlust durch Einzelwiderstände bei dem Druckverlust durch Reibung mit erfasst. Diese pauschale Erfassung der Einzelwiderstandsverluste wird bei Abwasserleitungen als vertretbar gehalten, da ihr Anteil am Gesamtdruckverlust gering ist. Nach dem ATV-Arbeitsblatt A 110 für die hydraulische Dimensionierung von Abwasserkanälen und -leitungen gilt für Druckrohrleitungen die betriebliche Rauheit $k_b = 0,25 \text{ mm}$.

Hydraulische Dimensionierung von Druckwasserleitungen

Die Bilder 3 und 4 enthalten für die hydraulische Dimensionierung von Druckwasserleitungen in der Nennweite DN 70 die maßgebenden Funktionswerte – Rohrsohlengefälle

l, Rohrreibungsdruckgefälle R, Fließgeschwindigkeit v, Volumenstrom Q – bei abgestuften Füllungsgraden h/d_i . Die Dimensionierung kann damit für vollgefüllte Druckwasserleitungen und teilgefüllte Abwasserleitungen abhängig vom Füllungsgrad vorgenommen werden. Bei Teilfüllung sind die Verhältniswerte der Fließgeschwindigkeit v_T/v_V Bild 5 sowie der Volumenströme Q_T/Q_V Bild 6 zu entnehmen. Das Diagramm in Bild 7 vermittelt einen Überblick über den Verlauf der Fließgeschwindigkeit und des Druckverlustes durch Rohrreibung und Einzelwiderstände je m Rohrlänge bei Vollfüllung. Es dient der vorläufigen Überschlagsdimensionierung.

Dimensionierungsvorgang

Die hydraulische Dimensionierung einer Flachdachentwässerungsanlage gliedert sich in folgende Arbeitsschritte:

- Grundrissdarstellung der Dachfläche und Berechnen der Niederschlagsfläche A (Gleichung 1a).

- Berechnung der Regenwasserabflüsse Q_R der Dachflächen oder Teilflächen und Bestimmung der erforderlichen Anzahl an Dachabläufen n_{DA} (Gleichung 2).
- Anordnung und Eintragung der Dachabläufe, der horizontalen Anschluss- und Sammelleitungen sowie der Fallleitungen in die Grundrissdarstellung (Bild 8).
- Leitungsschema mit Kennzeichnung der Abläufe und Teilstrecken anfertigen (Bild 9).
- Fallhöhe H vom Dachablauf bis zum Übergang auf Teilfüllung und Leitungslänge l des entferntesten Dacheinlaufes ermitteln (Bild 9). Dabei entspricht 1 cm Fallhöhe einer Druckhöhe von 1 mbar.
- Das verfügbare Rohrreibungsdruckgefälle R_{verf} mit Hilfe der Gleichung (23) ermitteln.

$$R_{verf} = \frac{H}{l} \times 98,1 \text{ in mbar} \quad (23)$$

- Mit Hilfe des verfügbaren Rohrreibungsdruckgefälles R_{verf} wird in Abhängigkeit vom Regenwasserabfluss aus dem Diagramm in Bild 7 der vorläufige Rohrdurchmesser bestimmt.
- Mit Hilfe des verfügbaren Rohrreibungsdruckgefälles R_{verf} wird die Ermittlung der Rohrweiten für die einzelnen Teilstrecken durchgeführt. Die Werte des Rohrreibungsdruckgefälles R und der Fließgeschwindigkeit v sind den Bildern 3 und 4 zur Dimensionierung von Abwasserleitungen bei Vollfüllung ($h/d_i = 1,0$) zu entnehmen. Die Werte gelten für Druckrohrleitungen mit der betrieblichen Rauheit $k_b = 0,25 \text{ mm}$ und berücksichtigen den Druckverlust durch Reibung und Einzelwiderstände. Die Werte können auch für die Dimensionierung der anschließenden Freispiegelleitungen verwendet werden. Die Verhältniswerte der Teilfüllungszustände bei Rohren mit Kreisquerschnitt können abhängig von h/d_i aus Bild 5 und abhängig von Q_T/Q_V Bild 6 entnommen werden.
- Der maximale Unterdruck p_x für den kritischen Punkt x der Umlenkung in die Fallleitung (Bild 2) ist nach Gleichung (21) zu ermitteln.
- Bemessung des Notüberlaufquerschnittes.

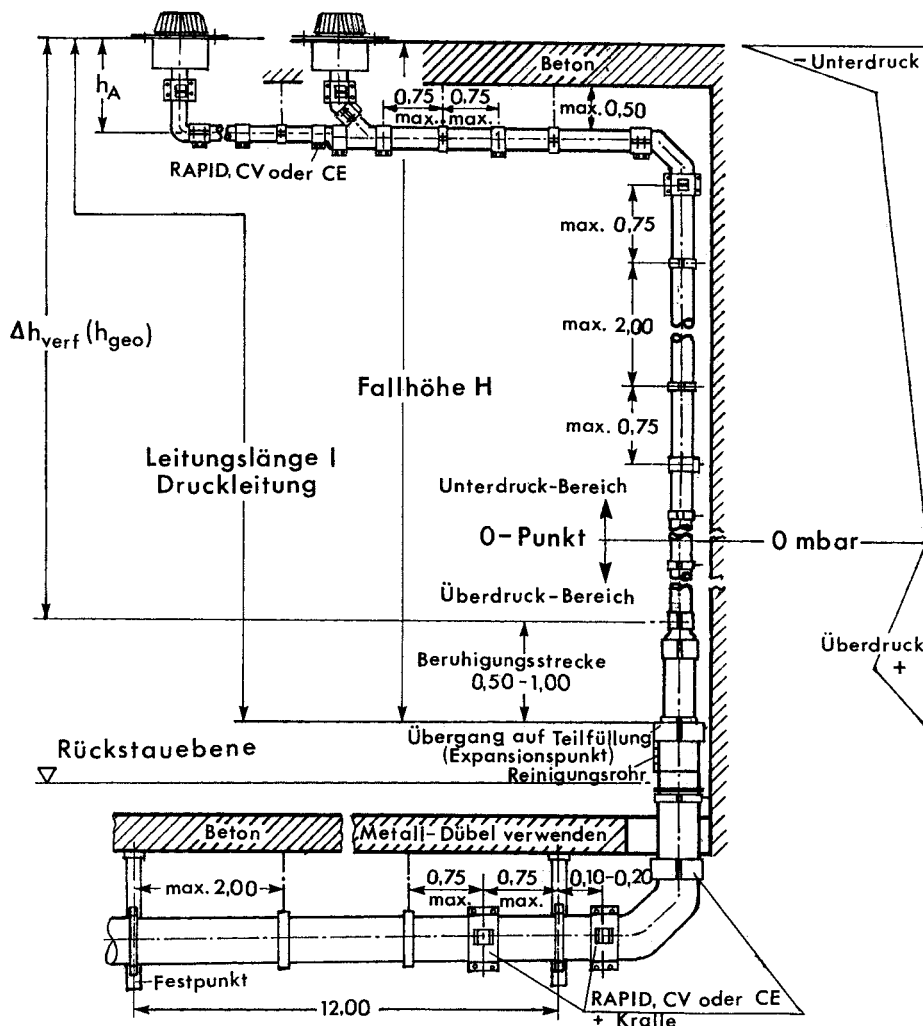


Bild 2 Benennungen und Druckverlauf bei der Flachdachentwässerung mit Druckströmung

Durchmesser in mm	70												
Rauhigkeit k_s in mm	0.25												
Füllhöhe h/d	1.00	1.00	1.00	0.827	0.80	0.70	0.60	1.00	0.827	0.80	0.70	0.60	
Flächenverh. A_l/A_v	1.00	1.00	1.0000	0.8844	0.8576	0.7477	0.6265	1.0000	0.8844	0.8576	0.7477	0.6265	
Umfangsverh. U_l/U_v	1.00	1.00	1.0000	0.7269	0.7048	0.6310	0.5641	1.0000	0.7269	0.7048	0.6310	0.5641	
l in 1x	l in mm/m	R in mbar/m	Lambda	Geschwindigkeit in m/s					Volumenstrom in l/s				
5000.0	0.20	0.01961	0.04267	0.080	0.093	0.093	0.091	0.087	0.309	0.316	0.306	0.262	0.209
4000.0	0.25	0.02452	0.04144	0.091	0.105	0.105	0.103	0.098	0.350	0.358	0.347	0.297	0.237
3000.0	0.33	0.03269	0.03998	0.107	0.123	0.123	0.121	0.116	0.412	0.420	0.407	0.348	0.279
2000.0	0.50	0.04903	0.03815	0.134	0.154	0.154	0.152	0.145	0.516	0.526	0.510	0.436	0.349
1000.0	1.00	0.09806	0.03556	0.197	0.226	0.226	0.222	0.212	0.756	0.768	0.745	0.637	0.510
900.0	1.11	0.10896	0.03521	0.208	0.239	0.239	0.235	0.224	0.801	0.813	0.789	0.675	0.540
800.0	1.25	0.12258	0.03485	0.222	0.255	0.255	0.250	0.239	0.854	0.867	0.841	0.719	0.576
700.0	1.43	0.14009	0.03445	0.239	0.274	0.274	0.269	0.257	0.918	0.932	0.903	0.773	0.619
600.0	1.67	0.16343	0.03401	0.259	0.297	0.297	0.292	0.279	0.998	1.012	0.981	0.840	0.673
500.0	2.00	0.19612	0.03353	0.286	0.328	0.328	0.322	0.308	1.102	1.116	1.082	0.926	0.742
450.0	2.22	0.21791	0.03326	0.303	0.347	0.347	0.341	0.326	1.166	1.181	1.145	0.980	0.785
400.0	2.50	0.24515	0.03298	0.323	0.369	0.369	0.363	0.347	1.242	1.257	1.219	1.044	0.836
350.0	2.86	0.28017	0.03267	0.347	0.397	0.397	0.389	0.373	1.334	1.350	1.309	1.121	0.898
300.0	3.33	0.32687	0.03233	0.376	0.430	0.430	0.423	0.404	1.448	1.465	1.420	1.216	0.975
250.0	4.00	0.39224	0.03196	0.415	0.474	0.474	0.466	0.445	1.596	1.613	1.564	1.339	1.074
200.0	5.00	0.49030	0.03154	0.467	0.533	0.533	0.524	0.501	1.796	1.814	1.759	1.507	1.208
150.0	6.67	0.65374	0.03105	0.543	0.620	0.620	0.609	0.583	2.090	2.110	2.046	1.752	1.406
100.0	10.00	0.98061	0.03045	0.672	0.766	0.766	0.753	0.721	2.585	2.607	2.528	2.165	1.737
95.0	10.53	1.03222	0.03038	0.690	0.787	0.787	0.773	0.740	2.655	2.677	2.596	2.224	1.784
90.0	11.11	1.08956	0.03031	0.710	0.809	0.809	0.795	0.761	2.731	2.753	2.670	2.287	1.835
85.0	11.76	1.15366	0.03024	0.731	0.833	0.833	0.819	0.784	2.813	2.836	2.751	2.356	1.891
80.0	12.50	1.22576	0.03016	0.754	0.860	0.860	0.845	0.809	2.903	2.927	2.839	2.431	1.951
75.0	13.33	1.30748	0.03008	0.780	0.889	0.889	0.874	0.837	3.002	3.027	2.935	2.514	2.018
70.0	14.29	1.40087	0.03000	0.809	0.922	0.922	0.906	0.867	3.112	3.137	3.042	2.606	2.091
65.0	15.38	1.50863	0.02992	0.840	0.958	0.958	0.941	0.901	3.234	3.259	3.161	2.707	2.173
60.0	16.67	1.63435	0.02983	0.876	0.998	0.998	0.981	0.939	3.371	3.397	3.294	2.822	2.265
55.0	18.18	1.78292	0.02974	0.916	1.044	1.044	1.026	0.983	3.526	3.553	3.445	2.951	2.369
50.0	20.00	1.96122	0.02964	0.963	1.096	1.096	1.077	1.032	3.705	3.731	3.619	3.100	2.488
45.0	22.22	2.17913	0.02954	1.016	1.157	1.158	1.137	1.090	3.912	3.939	3.820	3.273	2.627
40.0	25.00	2.45152	0.02943	1.080	1.230	1.230	1.208	1.158	4.157	4.185	4.059	3.477	2.792
35.0	28.57	2.80174	0.02931	1.157	1.317	1.317	1.294	1.240	4.453	4.482	4.347	3.724	2.990
30.0	33.33	3.26869	0.02919	1.252	1.425	1.425	1.401	1.342	4.819	4.850	4.704	4.030	3.236
25.0	40.00	3.92243	0.02906	1.375	1.564	1.564	1.537	1.473	5.292	5.324	5.163	4.424	3.552
20.0	50.00	4.90304	0.02891	1.541	1.753	1.753	1.723	1.651	5.931	5.966	5.785	4.957	3.981
15.0	66.67	6.53738	0.02876	1.784	2.029	2.029	1.994	1.911	6.866	6.904	6.696	5.737	4.608
10.0	100.00	9.80608	0.02862	2.190	2.489	2.490	2.447	2.346	8.430	8.473	8.217	7.041	5.656
9.5	105.26	10.32219	0.02861	2.248	2.554	2.555	2.511	2.407	8.650	8.694	8.431	7.225	5.804
9.0	111.11	10.89564	0.02861	2.310	2.625	2.625	2.580	2.473	8.888	8.933	8.663	7.424	5.963
8.5	117.65	11.53656	0.02860	2.377	2.701	2.701	2.655	2.545	9.147	9.192	8.915	7.639	6.136
8.0	125.00	12.25760	0.02860	2.450	2.784	2.784	2.737	2.624	9.429	9.475	9.189	7.874	6.325
7.5	133.33	13.07477	0.02860	2.530	2.875	2.875	2.826	2.709	9.737	9.785	9.489	8.132	6.532
7.0	142.86	14.00868	0.02861	2.619	2.975	2.975	2.925	2.804	10.078	10.126	9.820	8.415	6.760
6.5	153.85	15.08627	0.02863	2.717	3.086	3.087	3.034	2.909	10.455	10.505	10.188	8.730	7.013
6.0	166.67	16.34346	0.02865	2.826	3.211	3.211	3.156	3.026	10.877	10.928	10.598	9.082	7.296
5.5	181.82	17.82923	0.02870	2.950	3.351	3.351	3.294	3.158	11.353	11.405	11.061	9.479	7.615
5.0	200.00	19.61215	0.02876	3.091	3.510	3.511	3.451	3.309	11.894	11.948	11.587	9.930	7.977
4.5	222.22	21.79128	0.02885	3.252	3.694	3.694	3.631	3.482	12.517	12.573	12.193	10.449	8.395
4.0	250.00	24.51519	0.02899	3.441	3.908	3.909	3.842	3.684	13.244	13.302	12.900	11.055	8.882
3.5	285.71	28.01736	0.02921	3.665	4.162	4.162	4.092	3.923	14.105	14.166	13.738	11.773	9.459
3.0	333.33	32.68692	0.02957	3.935	4.468	4.469	4.393	4.212	15.144	15.208	14.749	12.640	10.156

Bild 3 Dimensionierung von Abwasserleitungen $d_i = 70$ mm bei Druckströmung und Freispiegelströmung mit Füllgraden $h/d = 1$ bis 0,6

Durchmesser in mm	70												
Rauhigkeit k_s in mm	0.25												
Füllhöhe h/d	1.00	1.00	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	
Flächenverh. A_i/A_v	1.00	1.00	0.5000	0.3735	0.2523	0.1424	0.0520	0.5000	0.3735	0.2523	0.1424	0.0520	
Umfangsverh. U_i/U_v	1.00	1.00	0.5000	0.4359	0.3690	0.2952	0.2048	0.5000	0.4359	0.3690	0.2952	0.2048	
l in $1x$	l in mm/m	R in mbar/m	Lambda	Geschwindigkeit in m/s					Volumenstrom in l/s				
5000.0	0.20	0.01961	0.04267	0.080	0.071	0.060	0.046	0.027	0.154	0.103	0.058	0.025	0.005
4000.0	0.25	0.02452	0.04144	0.091	0.081	0.068	0.052	0.030	0.175	0.117	0.066	0.028	0.006
3000.0	0.33	0.03269	0.03998	0.107	0.095	0.081	0.061	0.036	0.206	0.137	0.078	0.034	0.007
2000.0	0.50	0.04903	0.03815	0.134	0.120	0.101	0.078	0.046	0.258	0.172	0.098	0.043	0.009
1000.0	1.00	0.09806	0.03556	0.197	0.176	0.149	0.115	0.070	0.378	0.253	0.145	0.063	0.014
900.0	1.11	0.10896	0.03521	0.208	0.186	0.158	0.122	0.074	0.401	0.268	0.154	0.067	0.015
800.0	1.25	0.12258	0.03485	0.222	0.199	0.169	0.131	0.079	0.427	0.286	0.164	0.072	0.016
700.0	1.43	0.14009	0.03445	0.239	0.214	0.182	0.141	0.086	0.459	0.308	0.177	0.077	0.017
600.0	1.67	0.16343	0.03401	0.259	0.233	0.198	0.153	0.094	0.499	0.334	0.192	0.084	0.019
500.0	2.00	0.19612	0.03353	0.286	0.257	0.219	0.170	0.104	0.551	0.369	0.212	0.093	0.021
450.0	2.22	0.21791	0.03326	0.303	0.272	0.232	0.180	0.110	0.583	0.391	0.225	0.099	0.022
400.0	2.50	0.24515	0.03298	0.323	0.290	0.247	0.192	0.118	0.621	0.417	0.240	0.105	0.024
350.0	2.86	0.28017	0.03267	0.347	0.311	0.266	0.207	0.127	0.667	0.448	0.258	0.113	0.025
300.0	3.33	0.32687	0.03233	0.376	0.338	0.289	0.225	0.139	0.724	0.486	0.280	0.123	0.028
250.0	4.00	0.39224	0.03196	0.415	0.373	0.318	0.248	0.154	0.798	0.536	0.309	0.136	0.031
200.0	5.00	0.49030	0.03154	0.467	0.420	0.359	0.280	0.174	0.898	0.603	0.348	0.153	0.035
150.0	6.67	0.65374	0.03105	0.543	0.489	0.418	0.327	0.204	1.045	0.703	0.406	0.179	0.041
100.0	10.00	0.98061	0.03045	0.672	0.605	0.518	0.406	0.255	1.292	0.870	0.503	0.223	0.051
95.0	10.53	1.03222	0.03038	0.690	0.621	0.533	0.418	0.262	1.327	0.893	0.517	0.229	0.053
90.0	11.11	1.08956	0.03031	0.710	0.639	0.548	0.430	0.270	1.365	0.919	0.532	0.235	0.054
85.0	11.76	1.15366	0.03024	0.731	0.659	0.565	0.443	0.279	1.407	0.947	0.548	0.243	0.056
80.0	12.50	1.22576	0.03016	0.754	0.680	0.583	0.457	0.288	1.452	0.977	0.566	0.251	0.058
75.0	13.33	1.30748	0.03008	0.780	0.703	0.603	0.473	0.298	1.501	1.011	0.585	0.259	0.060
70.0	14.29	1.40087	0.03000	0.809	0.729	0.625	0.491	0.310	1.556	1.048	0.607	0.269	0.062
65.0	15.38	1.50863	0.02992	0.840	0.758	0.650	0.511	0.322	1.617	1.089	0.631	0.280	0.065
60.0	16.67	1.63435	0.02983	0.876	0.790	0.678	0.533	0.337	1.686	1.135	0.658	0.292	0.067
55.0	18.18	1.78292	0.02974	0.916	0.826	0.709	0.558	0.353	1.763	1.188	0.689	0.305	0.071
50.0	20.00	1.96122	0.02964	0.963	0.868	0.745	0.586	0.371	1.852	1.248	0.724	0.321	0.074
45.0	22.22	2.17913	0.02954	1.016	0.917	0.787	0.619	0.393	1.956	1.318	0.764	0.339	0.079
40.0	25.00	2.45152	0.02943	1.080	0.974	0.837	0.659	0.418	2.078	1.401	0.813	0.361	0.084
35.0	28.57	2.80174	0.02931	1.157	1.044	0.897	0.706	0.449	2.226	1.501	0.871	0.387	0.090
30.0	33.33	3.26869	0.02919	1.252	1.130	0.971	0.766	0.487	2.410	1.625	0.943	0.419	0.098
25.0	40.00	3.92243	0.02906	1.375	1.241	1.067	0.842	0.536	2.646	1.784	1.036	0.461	0.107
20.0	50.00	4.90304	0.02891	1.541	1.391	1.197	0.945	0.603	2.965	2.000	1.162	0.518	0.121
15.0	66.67	6.53738	0.02876	1.784	1.611	1.387	1.095	0.701	3.433	2.316	1.346	0.600	0.140
10.0	100.00	9.80608	0.02862	2.190	1.979	1.704	1.348	0.865	4.215	2.845	1.655	0.738	0.173
9.5	105.26	10.32219	0.02861	2.248	2.031	1.749	1.383	0.888	4.325	2.919	1.698	0.758	0.178
9.0	111.11	10.89564	0.02861	2.310	2.087	1.797	1.422	0.913	4.444	3.000	1.745	0.779	0.183
8.5	117.65	11.53656	0.02860	2.377	2.148	1.850	1.463	0.940	4.573	3.087	1.796	0.802	0.188
8.0	125.00	12.25760	0.02860	2.450	2.214	1.907	1.509	0.969	4.714	3.182	1.851	0.827	0.194
7.5	133.33	13.07477	0.02860	2.530	2.286	1.969	1.559	1.002	4.869	3.287	1.912	0.854	0.201
7.0	142.86	14.00868	0.02861	2.619	2.367	2.038	1.613	1.038	5.039	3.402	1.979	0.884	0.208
6.5	153.85	15.08627	0.02863	2.717	2.455	2.115	1.674	1.077	5.228	3.530	2.054	0.917	0.216
6.0	166.67	16.34346	0.02865	2.826	2.555	2.201	1.743	1.121	5.439	3.672	2.137	0.955	0.225
5.5	181.82	17.82923	0.02870	2.950	2.666	2.297	1.819	1.171	5.676	3.833	2.231	0.997	0.235
5.0	200.00	19.61215	0.02876	3.091	2.794	2.407	1.907	1.228	5.947	4.016	2.337	1.045	0.246
4.5	222.22	21.79128	0.02885	3.252	2.940	2.534	2.007	1.293	6.258	4.226	2.460	1.100	0.259
4.0	250.00	24.51519	0.02899	3.441	3.111	2.681	2.124	1.370	6.622	4.472	2.604	1.164	0.274
3.5	285.71	28.01736	0.02921	3.665	3.314	2.856	2.263	1.460	7.052	4.763	2.773	1.240	0.292
3.0	333.33	32.68692	0.02957	3.935	3.558	3.067	2.431	1.569	7.572	5.114	2.978	1.332	0.314

Bild 4 Dimensionierung von Abwasserleitungen $d_i = 70$ mm bei Druckströmung und Freispiegelströmung mit Füllgraden $h/d = 0,5$ bis $0,1$

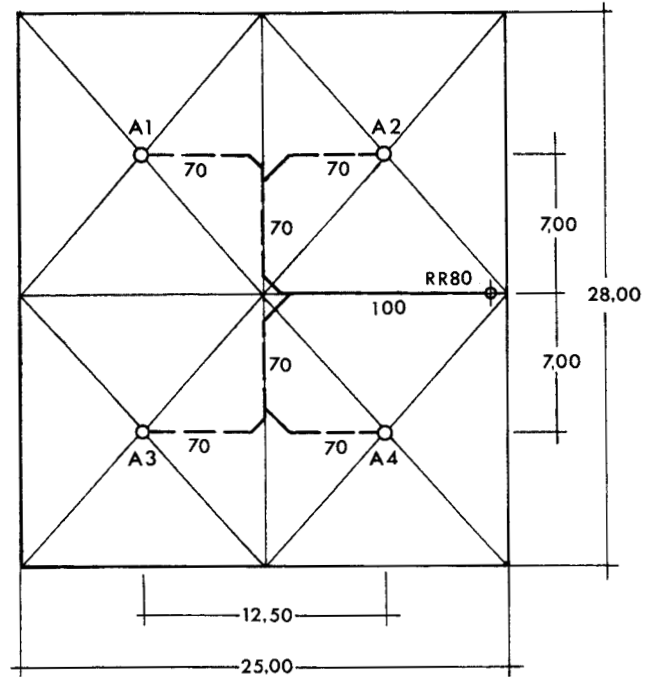
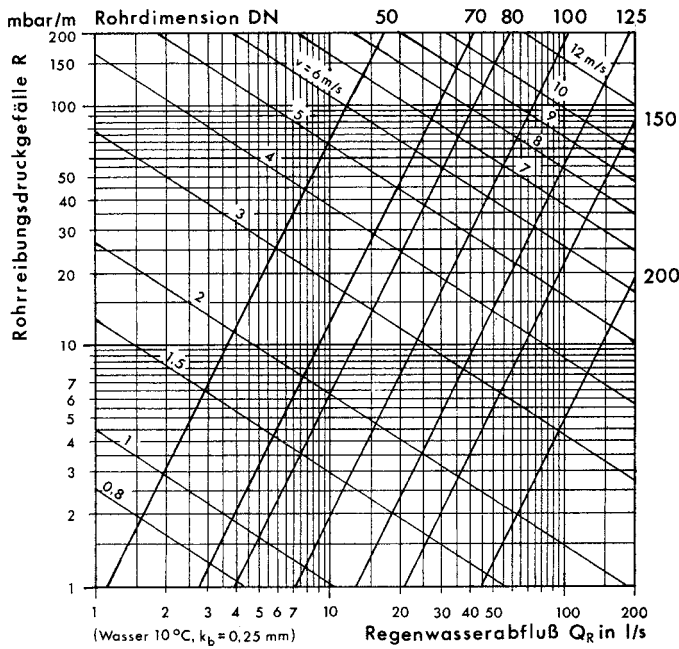


Bild 7 Diagramm zur vorläufigen Ermittlung der Rohrdimension, des Rohrleitungsdruckgefälles R und der Fließgeschwindigkeit v

Bild 8 Grundrissbeispiel einer Flachdachentwässerung

und Versprünge sind mit Rohrschellen zu befestigen. An Versprüngen sind die Verbinder mit zugbeständigen Sicherungsschellen (Bild 10) gegen Auseinandergleiten zu sichern. Übergänge von Sammelleitungen auf Fallleitungen sowie von Fallleitungen auf liegende Leitungen, sollen mit zwei Bogen 45° oder Doppelbogen 88° ausgeführt werden. Fallleitungen sind mit Fallrohrstützen auszurüsten. Übergänge von Fallleitungen auf Sammelleitungen liegen immer im Druckbereich, so dass die Verbinder mit Sicherungsschellen zu sichern sind. Die Rohrleitungen sind im Überdruckbereich in der Sammellanschlussleitung an den Übergängen und Umlenkungen sowie an der Umlenkung der Falleitung in die Sammel- oder Grundleitung und bei längeren geraden Rohrstrecken zwischen zwei Festpunkten mit Sicherungsschellen gegen Auseinandergleiten zu sichern.

Verfügbares Rohrleitungsdruckgefälle:

$$R = \frac{H}{l} \times 98,1 \text{ in mbar/m} \quad (7)$$

Die Ermittlung der Rohrweiten und des Druckverlustes ist für die Teilstrecken 1, 3, 7 und 8 Bild 12 zu entnehmen. Für die an die Druckwasser-Falleitung anschließende Freispiegelleitung kann bei einem zulässigen Füllungsgrad $h/d_i = 0,7$ die Nennweite DN 150 mit einem Rohrsohlengefälle von $l = 16 \text{ mm/m}$ gewählt werden.

Berechnung des Unterdruckes p_{x7} :

$$P_{x7} = \frac{\rho \times g \times h_A}{100} - \frac{\rho \times v^2}{2 \times 100} - \sum (l \times R + Z)_{TS1,3,7}$$

$$\text{in mbar}$$

$$= \frac{1000 \times 9,81 \times 0,50}{100} - \frac{1000 \times 2,52^2}{2 \times 100}$$

$$= -212,06$$

$$P_{x7} = -194,76 \text{ mbar}$$

Dieser Unterdruck ist unproblematisch, da der maximal zulässige Unterdruck von -850 mbar nicht erreicht wird. Bei einem größeren Unterdruck müssen Dimensionsänderungen der Leitungen vorgenommen werden. Die Beruhigungsstrecke kann in der Nennweite DN 125 ausgeführt werden. Die Fließgeschwindigkeit erreicht etwa $1,9 \text{ m/s}$ und liegt damit unter dem einzuhaltenden Wert von maximal $2,5 \text{ m/s}$.

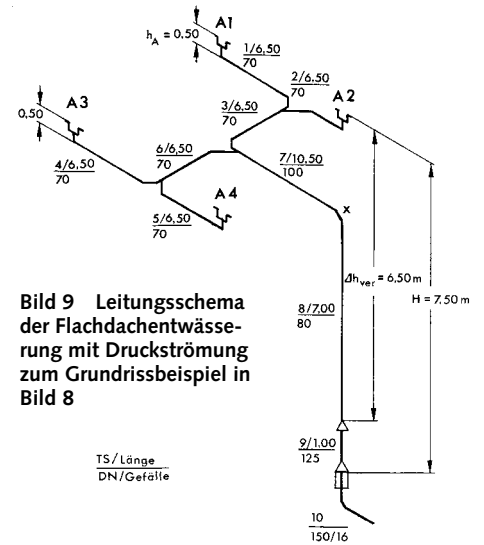


Bild 9 Leitungsschema der Flachdachentwässerung mit Druckströmung zum Grundrissbeispiel in Bild 8

Planungsbeispiel

Gegeben: $A = 25 \times 28 = 700 \text{ m}^2$ (Bild 8)
 $r_{5/2} = 0,0285 \text{ l/s m}^2$
 (Bild 11 Bayreuth)
 $C = 1,0$

Regenwasserabfluss:

$$Q_R = r_{5/2} \times C \times A \text{ in l/s} \quad (2)$$

$$= 0,0285 \times 1,0 \times 700$$

$$Q_R = 19,95 \text{ l/s}$$

Anzahl der Dachabläufe:

Gewählt 4 Flachdachabläufe DN 70
 Fallhöhe $H = 7,50 \text{ m}$ (Bild 9)



Bild 10 PAM-Global Rapid-Verbindung mit Rekord-Kralle DN 40 bis 100 bei Innendruckbelastung bis zu 10 bar

Berechnung der Notüberläufe

1. Notüberlauf mit rechteckiger Öffnung in der Attika Annahme: Breite $b = 2 \text{ dm}$

$$Q_{\text{Not erf}} = (r_{5/100} - r_{5/2}) \times C \times A \text{ in l/s}$$

$$= (0,0603 - 0,0283) \times 1 \times 700$$

$$Q_{\text{Not erf}} = 22,40 \text{ l/s}$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{Q_{\text{Not erf}}^2}{\mu^2 \times b^2 \times 2g}} \text{ in m}$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{22,40^2}{0,62^2 \times 2^2 \times 19,62}}$$

$$h = 2,55 \text{ dm}$$

2. Notüberlauf mit Überfall
Annahme: Breite $b = 2 \text{ dm}$

$$h_2 = \sqrt[3]{\frac{Q_{\text{Not erf}}^2}{\mu^2 \times b^2 \times 2g}} \text{ in dm}$$

$$h_2 = \sqrt[3]{\frac{22,40^2}{0,62^2 \times 2^2 \times 19,62}}$$

$$h_2 = 2,55 \text{ dm}$$

Zusammenfassung

Die Flachdachentwässerung mit Druckströmung unterliegt mit dem Einsatz spezieller Dachabläufe, besonderen Installations- und Bemessungsanforderungen, die für eine funktionsgerechtere Ausführung zu beachten sind. Durch die Berechnung auf Vollfüllung kann der geodätische Höhenunterschied zwischen der Dachfläche und der Rückstauenebene, d.h. bis zum Übergang auf Teilfüllung, als Druckhöhe für die Rohrdimensionierung genutzt werden. Es ergeben sich dadurch vergleichsweise zur Freispiegelentwässerung kleinere Rohrweiten und damit geringere Investitionskosten. Zu beachten ist, dass bei der Gefahr von Schwitzwasserbildung, Rinnenabläufe bauseitig wärmege-dämmt werden. Wird zum Frostschutz eine Rinnenheizung eingesetzt, sollen die Rinnenabläufe einbezogen werden. Werden die Abflussleitungen nicht frostsicher verlegt, sind diese mit einer Rohrbegleitheizung zu versehen.

Literatur:

[1] DIN EN 12056-3, 01.2001, Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden; Dachentwässerung, Planung und Bemessung. Beuth Verlag GmbH, Berlin.

Ort	$r_{5/2}$	$r_{15/2}$	$r_{5/30}$	$r_{15/30}$	$r_{5/100}$
			l/s m²		
Aachen	0,0240	0,0121	0,0431	0,0214	0,0516
Aschaffenburg	0,0293	0,0143	0,0539	0,0267	0,0649
Augsburg	0,0285	0,0138	0,0499	0,0243	0,0595
Aurich	0,0240	0,0121	0,0416	0,0214	0,0494
Bad Kissingen	0,0307	0,0147	0,0625	0,0299	0,0767
Bad Salzflun	0,0282	0,0133	0,0455	0,0233	0,0532
Bad Tölz	0,0416	0,0205	0,0655	0,0355	0,0762
Bamberg	0,0301	0,0145	0,0514	0,0268	0,0608
Bayreuth	0,0285	0,0144	0,0524	0,0276	0,0630
Berlin	0,0341	0,0169	0,0605	0,0321	0,0723
Bielefeld	0,0260	0,0132	0,0475	0,0248	0,0570
Bocholt	0,0241	0,0118	0,0379	0,0190	0,0441
Bonn	0,0266	0,0132	0,0505	0,0248	0,0611
Braunschweig	0,0289	0,0143	0,0498	0,0267	0,0591
Bremen	0,0238	0,0118	0,0403	0,0202	0,0477
Bremerhaven	0,0257	0,0121	0,0451	0,0214	0,0537
Chemnitz	0,0340	0,0162	0,0552	0,0288	0,0646
Cottbus	0,0260	0,0129	0,0477	0,0232	0,0574
Cuxhaven	0,0267	0,0131	0,0451	0,0233	0,0532
Dessau	0,0292	0,0137	0,0530	0,0250	0,0635
Dortmund	0,0277	0,0134	0,0441	0,0226	0,0513
Dresden	0,0297	0,0145	0,0540	0,0268	0,0648
Duisburg	0,0257	0,0123	0,0399	0,0192	0,0462
Düsseldorf	0,0277	0,0135	0,0518	0,0245	0,0626
Eisenach	0,0269	0,0135	0,0478	0,0249	0,0570

Bild 11 Regenereignisse in Deutschland (Auszug)

Dachfläche Nr.	m ²	Teil- strecke	l m	Q _R l/s	DN	R mbar/m	v m/s	l x R mbar
1	175	1	6,50	5,25	70	3,86	1,24	25,09
		3	6,50	10,50	70	15,22	2,73	98,93
		7	10,50	21,00	100	9,24	2,67	97,02
		8	7,00	21,00	80	30,89	4,18	216,23
Σ(l x R) = 437,23								

Bild 12 Druckverlustberechnung für das Leitungsschema in Bild 9

[2] DIN 1986-100, 03.2002, Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke; Zusätzliche Bestimmungen zu DIN EN 752 und DIN EN 12056.

[3] E DIN 1253-1, 03.1994, Abläufe für Gebäude; Anforderungen.

[4] VDI 3806, 04.2000, Dachentwässerung mit Druckströmung. VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf.

[5] ATV A 110, 08.1988, Richtlinien für die hydraulische Dimensionierung und den Leistungsnachweis von Abwasserkanälen und -leitungen. Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V., St. Augustin.

[6] Feurich, Hugo: Sanitärtechnik, 8. Auflage 1999. Kramer Verlag, Düsseldorf.



Unser Autor Dr.-Ing. **Hugo Feurich** ist Inhaber eines Ingenieurbüros. Darüber hinaus hat er sich u.a. als Autor unzähliger Fachpublikationen und Fachbücher einen Namen gemacht. 13465 Berlin, Telefon (0 30) 4 06 20 77, Telefax (0 30) 4 06 20 77