

# TECHNISCHE INFORMATION



Informationszentrum  
Entwässerungstechnik  
Guss e.V.

## Regenwasserfallleitungen in Hochhäusern

### *Allgemeines*

Hochhäuser sind nach dem deutschen Baurecht Gebäude, bei denen der Fußboden mindestens eines Aufenthaltsraumes mehr als 22 Meter über der festgelegten Geländeoberfläche liegt.

Die besonderen Anforderungen an Hochhäuser sind in den Hochhaus-Richtlinien (HHR) der einzelnen Bundesländer geregelt.

Entwässerungsanlagen von Hochhäusern müssen gemäß der Euronorm DIN EN 12056 „Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden“, Ausgabe Januar 2001 sowie der deutschen Restnorm DIN 1986-100 „Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke“, Ausgabe Dezember 2016 geplant und ausgeführt werden.

Regenentwässerungsanlagen werden gemäß DIN 1986-100 aus wirtschaftlichen Gründen und zur Sicherstellung der Selbstreinigungsfähigkeit für ein mittleres Regenereignis bemessen. Die Berechnungsregenspende muss auf Basis statistischer Erhebungen ermittelt werden. Für Dachflächen ist dies der Fünfjahres-Fünfminutenregen ( $r_{5,5}$ ) am Gebäudestandort.

Das Regenentwässerungs- und Notüberlaufsystem muss nach DIN 1986-100 gemeinsam mindestens das am Gebäudestandort über 5 Minuten zu erwartende Jahrhundertregenereignis ( $r_{5,100}$ ) entwässern können.

Zum Sicherheitskonzept von Regenentwässerungsanlagen gehören in vielen Fällen entsprechend DIN 1986-100 noch Überflutungs- und Überlastungsnachweise sowie Maßnahmen zur Regenrückhaltung auf dem Grundstück.

Die bei Strömungsumlenkungen auftretenden Kräfte können insbesondere bei Regenfallleitungen mit großer Fallleitungslänge sehr erheblich sein und müssen bei der Planung und Ausführung berücksichtigt werden.

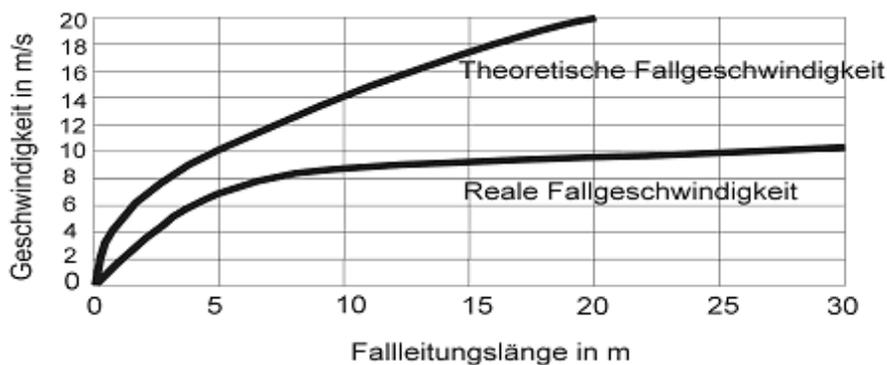
Eine häufige Problemstellung bei Hochhäusern ist die sichere Regenwasserableitung von Dachflächen mit stark unterschiedlichem Höhenniveau.

## Regenwasserfalleitungen im Freispiegelsystem

### Fallgeschwindigkeit des Abwassers in der Falleitung

Durch den Widerstand der Luftsäule im Rohr und der Reibung an den Rohrwandungen erfolgt eine entsprechende Bremsung. Messungen haben ergeben, dass sich die Fallbeschleunigung und die Bremswirkung durch die Luftsäule sowie die Rohrreibung nach ca. 15 Meter aufheben, und die Geschwindigkeit in der Größenordnung von ca. 10 Meter pro Sekunde nimmt nicht mehr wesentlich zu.

Fallbremsen in Falleitungen von Hochhäusern in Form von zusätzlichen Leitungsverzügen sind somit vollkommen überflüssig.

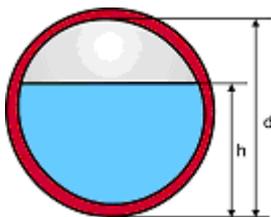


**Bild „Theoretische und reale Fallgeschwindigkeit in Falleitungen“**

### Füllungsgrad

Der Füllungsgrad bezeichnet bei liegenden Abwasserleitungen das Verhältnis der Wassertiefe zum Innendurchmesser. Nach DIN 1986-100, Abschnitt 14.2.7.3 sind Sammel- und Grundleitungen innerhalb des Gebäudes für einen Füllungsgrad von 0,7 unter Berücksichtigung eines Mindestgefälles von  $J = 0,5 \text{ cm/m}$  zu bemessen.

Bei Falleitungen bezeichnet der Füllungsgrad das Verhältnis des Querschnitts des Rohres, der mit Wasser gefüllt ist, zum Gesamtquerschnitt. Nach DIN 1986-100, Abschnitt 14.2.7.2 können Falleitungen bis zu einem Füllungsgrad von  $f = 0,33$  bemessen werden.



**Bilder „Füllungsgrad bei liegenden Leitungen und Falleitungen“**

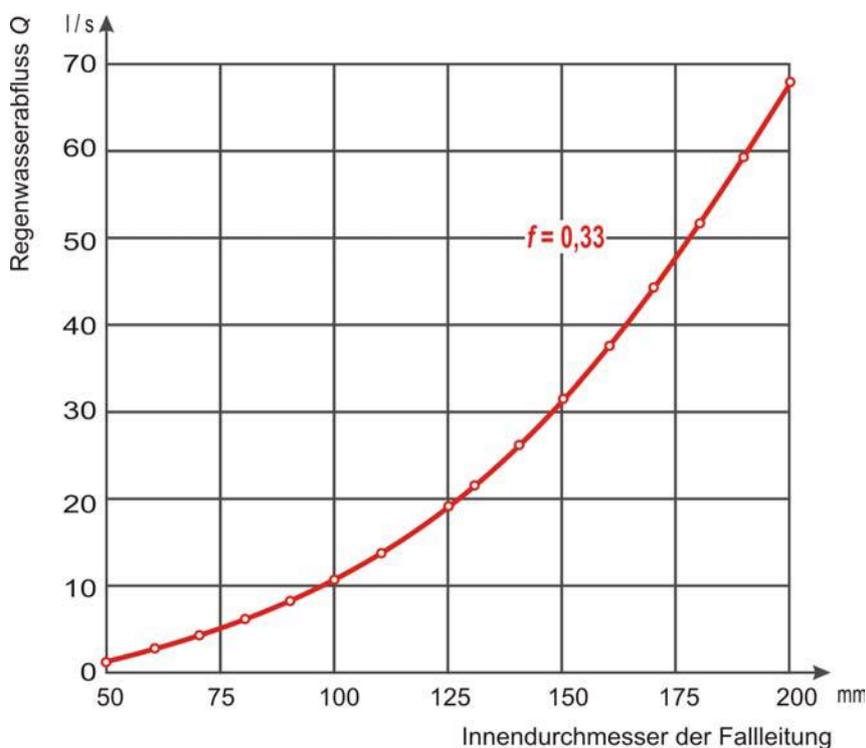
Durch die vorgeschriebenen maximalen Füllungsgrade ist eine kontinuierliche Be- und Entlüftung gegeben, die bei Regenwasserleitungen im Freispiegelsystem in erster Linie zum Druckausgleich und somit zur bestimmungsgemäßen Funktion beiträgt.

Zusätzliche Lüftungsleitungen sind bei Regenwasserleitungen nicht erforderlich.

### **Bemessung von teilgefüllten Regenwasserfallleitungen**

Regenwasserfallleitungen im Freispiegelsystem werden gemäß Bild 27 der DIN 1986-100 bemessen.

Nach DIN 1986-100, Abschnitt 14.2.7.2 darf die Regenwasserfallleitung keine geringere Nennweite aufweisen als die Anschlussnennweite des dazugehörigen Dachablaufs, respektive der Anschlussleitung an die Falleitung.



**Bild 26 aus DIN 1986-100**

Die angegebenen Werte beruhen auf der Wyly-Eaton-Gleichung:

$$Q_{RWP} = 2,5 \cdot 10^{-4} \cdot k_b^{-0,167} \cdot d_i^{2,667} \cdot f^{1,667}$$

**dabei ist:**

$Q_{RWP}$  = das Abflussvermögen der Regenwasserfallleitung in Liter pro Sekunde (l/s)

$k_b$  = die Rohrauigkeit in Millimeter (angenommen mit 0,25 mm)

$d_i$  = der Innendurchmesser der Regenwasserfalleitung in Millimeter (mm)

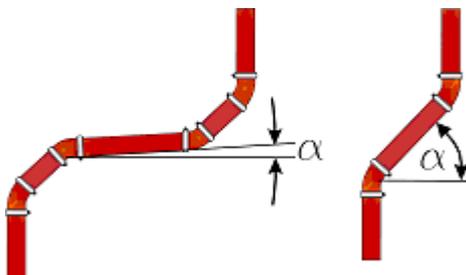
$f$  = der Füllungsgrad, definiert als das Verhältnis des Querschnitts des Rohres, der mit Wasser gefüllt ist, zum Gesamtquerschnitt (dimensionslos)

Somit besteht auch die Möglichkeit, das Abflussvermögen bezogen auf den tatsächlichen Innendurchmesser des jeweiligen Rohrwerkstoffes, zu berechnen.

Nennweite DN	Innendurchmesser der Regenwasserfalleitung $d_i$ mm	Abflussvermögen $Q_{RWP}$ (l/s)	
		Füllungsgrad $f=0,20$	Füllungsgrad $f=0,33$
50	51	0,8	1,8
80	76	2,2	5,2
100	103	5,0	11,6
125	127	8,8	20,3
150	152	14,2	32,7
200	200	29,5	68,0
250	263	61,3	141,2
300	314	98,3	226,5

**Tabelle „Abflussvermögen von Regenwasserfalleitungen aus gusseisernen Abflussrohren bei Füllungsgrad  $f=0,33$ “**

Wenn eine Regenwasserfalleitung einen Verzug aufweist, mit einem Gefälle von nicht mehr als  $10^\circ$  zur Waagerechten (180 mm/m), kann der Verzug gemäß DIN 1986-100 vernachlässigt werden. Ansonsten ist der Verzug wie eine Sammel- oder Grundleitung zu dimensionieren.



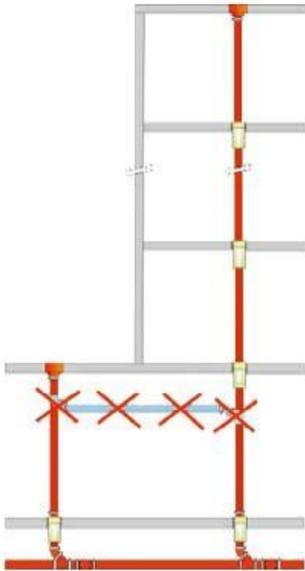
**Bild „Einfluss des Verzugs in einer Regenwasserfalleitung“**

### **Dachflächen mit stark unterschiedlichem Höhenniveau**

Bei Dachflächen mit stark unterschiedlichem Höhenniveau, die an eine gemeinsame Falleitung angeschlossen sind, besteht grundsätzlich die Gefahr, dass bei einem Starkregenereignis oder anderen Betriebszuständen das Regenwasser von höher

gelegenen Dachflächen auf tiefer angeordneten Dachflächen zur Überflutung führen kann.

Aus Sicherheitsgründen ist es empfehlenswert, Dachflächen mit stark unterschiedlichem Höhenniveau über separate Falleleitungen zu entwässern.



**Bild „Dachflächen mit stark unterschiedlichem Höhenniveau“**

### **Reaktionskräfte bei Umlenkungen**

Die bei Strömungsumlenkungen im Überlastungsfall auftretenden Kräfte können sehr erheblich sein. Schäden im Bereich von nicht längskraftschlüssigen Verbindungen, insbesondere bei Regenfallleitungen mit großer Falleitungslänge, sind die Folge.

Eine erste Größenordnung über die auftretenden Kräfte kann an Hand von Strömungsimpulsbetrachtungen gewonnen werden. Bei einer 90° Umlenkung sind die Kräfte  $F_1$  und  $F_2$  bei gleichbleibendem Strömungsquerschnitt identisch.

Diese Gleichungen berücksichtigen nicht die Besonderheiten der Falleitungsströmung. Sie sind aber geeignet, eine erste Vorstellung über die Größenordnung der möglichen Kräfte zu gewinnen.

$$F_1 = F_2 = \rho \cdot A_x \cdot v_x^2 + p_x \cdot A_x$$

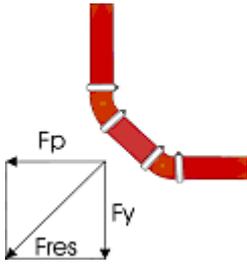
**dabei ist:**

$\rho$  = Dichte des Wassers

$A_x$  = Rohrquerschnitt der Kontrollfläche

$v_x$  = Geschwindigkeit der Störung in der Kontrollfläche

$p_x$  = statischer Innendruck in der Kontrollfläche



**Bild „Wirksame Kräfte einer 90° Umlenkung (Falleitung in liegende Leitung) bei Überdruck (Freispiegelentwässerung)“**

Die resultierende Kraft ergibt sich wie folgt:

$$F_{res} = (F_1^2 + F_2^2)^{0,5}$$

**dabei ist :**

$F_{res}$  = resultierende Kraft aus  $F_1$  und  $F_2$  (mit dieser Kraft werden die Rohrverbindungen beansprucht)

**Berechnungsbeispiele für DN 100 und DN 200 bei  $p_x = 0,5$  bar und  $v_x = 5,0$  m/s.**

$$F_{res} \text{ DN 100} = 832,7 \text{ N} = 84,9 \text{ kg}$$

$$F_{res} \text{ DN 200} = 3330,5 \text{ N} = 339,5 \text{ kg}$$

**Erkenntnis:** Die wirksamen Kräfte steigen bei konstantem Innendruck und gleicher Geschwindigkeit mit dem Rohrdurchmesser überproportional an.

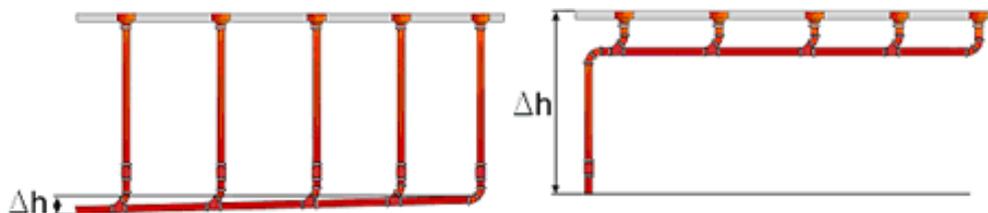
## Regenwasserfallleitungen bei Druckströmung

### Systembeschreibung

Bei der Dachentwässerung mit Druckströmung werden im Gegensatz zur Freispiegelentwässerung die Leitungen ab der Bemessungsregenspende planmäßig vollgefüllt betrieben. Dachentwässerungssysteme mit Druckströmung werden in Skandinavien bereits seit mehr als 30 Jahren eingebaut. In Deutschland wird diese Technik seit mehr als 25 Jahren in größerem Umfang eingesetzt.

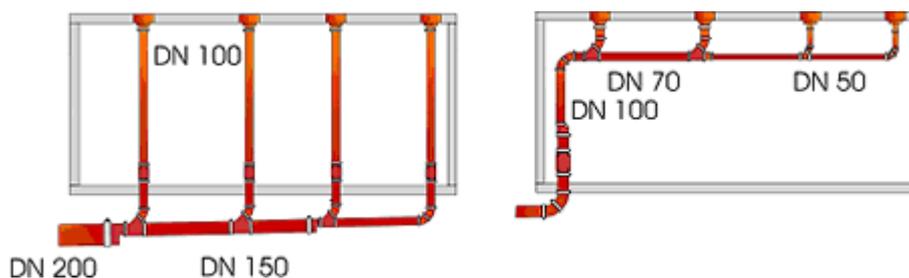
Neben den Hinweisen in der DIN EN 12056-3 sind nunmehr alle wichtigen Anforderungen für die Planung, Berechnung und Ausführung von Regenentwässerungsanlagen mit planmäßiger Vollfüllung in der deutschen Restnorm DIN 1986-100, Ausgabe Dezember 2016 enthalten.

Bei Dachentwässerungen mit Druckströmung handelt es sich wie bei Freispiegelentwässerungen um Entwässerungsanlagen nach dem Schwerkraftprinzip. Der gravierende Unterschied gegenüber den Freispiegelentwässerungsanlagen besteht darin, dass bei Dachentwässerungen mit Druckströmung wesentlich mehr Druckhöhe ( $\Delta h$ ) zur Überwindung der Strömungsverluste durch Rohrreibung und Einzelwiderstände zur Verfügung steht. Bei Freispiegelentwässerungen resultiert die Druckhöhe ( $\Delta h$ ) lediglich aus dem Rohrsohlengefälle. Die wesentlich größere Druckhöhe ( $\Delta h$ ) bei Dachentwässerungen mit Druckströmung ergibt sich aus der Höhendifferenz zwischen der Wasserlinie über dem Dachablauf und dem Übergang auf die weiterführende Freispiegelentwässerungsanlage.



**Bild „Druckhöhe bei Freispiegel- und Druckströmungsanlagen“**

Bedingt durch die große Druckhöhe, die zur Überwindung der Rohrreibungs- und Einzelwiderstände zur Verfügung steht, ergeben sich bei Dachentwässerungen mit Druckströmung kleinere Rohrdurchmesser und hohe Wassergeschwindigkeiten die zu einem optimalen Selbstreinigungseffekt führen. Aufgrund der hohen Selbstreinigungsfähigkeit darf eine Rohrverlegung ohne Gefälle vorgenommen werden.



**Bild „Vorteile der Dachentwässerung mit Druckströmung“**

## Berechnungsgrundlagen

Ziel der Rohrnetzberechnung ist es, beim Berechnungsregen möglichst die Vollfüllung der Anlage und eine gute Wassermengenverteilung in den einzelnen Teilstrecken durch hydraulischen Abgleich zu erreichen. Hierzu wird für die einzelnen Fließwege (Stromfäden) die Bernoulli-Gleichung (stationäre Strömung bei inkompressiblem Fluid) angewendet.

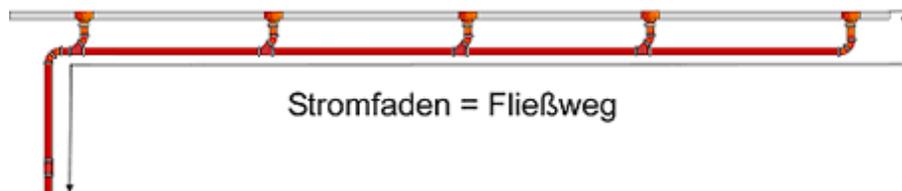


Bild „Stromfaden = Fließweg“

Folgende Gleichungen gelten für jeden einzelnen Fließweg (Stromfaden):

$$\Delta p_{\text{verf}} = \Delta h_{\text{verf}} \cdot \rho \cdot g$$

$$\Delta p_{\text{verf}} \geq \Sigma (R \cdot l + Z)$$

hierin bedeuten:

$\Delta h_{\text{verf}}$  = Höhendifferenz zwischen Dachablauf und Übergang auf Teilfüllung

$\rho$  = Dichte des Wasser 1000 kg/m<sup>3</sup> bei +10 °C

$g$  = Erdbeschleunigung 9,81 m/s<sup>2</sup>

$\Delta p_{\text{verf}}$  = verfügbarer Druck für den Fließweg (Stromfaden)

$R$  = Druckverlust durch Rohrreibung pro Meter Rohr

$l$  = Länge der Teilstrecke

$Z$  = Druckverlust durch Einzelwiderstände in der Teilstrecke

Zusätzlich zur Rohrdimensionierung muss eine rechnerische Kontrolle des Innendrucks durchgeführt werden. Hierdurch wird sichergestellt, dass die Anlage ohne Kavitation (Gasblasenbildung durch zu hohen Unterdruck = Strömungsabriss) betrieben werden kann und die maximalen Betriebsdrücke des Rohrwerkstoffes nach den jeweiligen Herstellerangaben nicht überschritten werden.

Der Innendruck an jedem beliebigen Punkt der Anlage kann nach folgender Formel bestimmt werden:

$$p_x = \frac{\Delta h_x \cdot \rho \cdot g}{2} - v_x \cdot \rho \cdot 0,5 - \Sigma (R \cdot l + Z) \dots x$$

**hierin bedeuten:**

$p_x$  = Innendruck an der Stelle x

$\Delta h_x$  = Höhenunterschied zwischen Dachablauf und der Stelle x

$\rho$  = Dichte des Wassers 1000 kg/m<sup>3</sup> bei 10°C

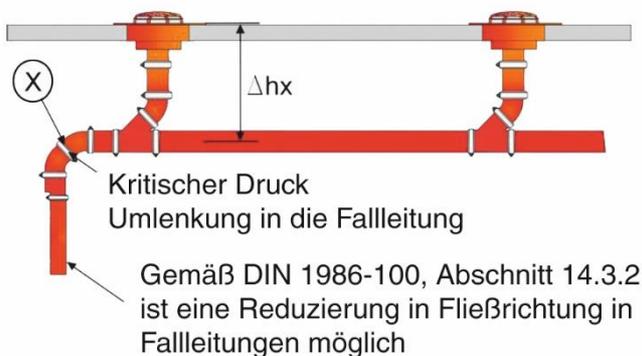
$g$  = Erdbeschleunigung 9,81 m/s<sup>2</sup>

$v_x$  = Wassergeschwindigkeit an der Stelle x

$R$  = Druckverlust pro Meter Rohr

$l$  = Länge der Teilstrecke

$Z$  = Druckverlust der Teilstrecke durch Einzelwiderstände



**Bild „Ermittlung des Innendrucks (kritischer Druck bei Umlenkung in Falleitung)“**

### **Eingeschränkte Falleitungshöhe**

Bei sehr hohen Gebäuden steht eine entsprechend große Druckhöhe zur Verfügung, wobei sich sehr kleine Rohrdurchmesser und somit extrem hohe Geschwindigkeiten und Druckverluste ergeben können. Bedingt durch die hohen Druckverluste lässt sich bei der Rohrnetzberechnung mitunter eine Überschreitung der zulässigen Unterdrücke (Kavitation) in der Falleitung nicht vermeiden. Zusätzlich erhöht sich der Schallpegel mit steigender Geschwindigkeit.

In solchen Fällen besteht die Möglichkeit, den Übergang auf Teilfüllung bereits im Verlauf der Falleitung vorzunehmen und somit den zur Verfügung stehenden Druck an die jeweiligen Verhältnisse anzupassen. Durch diese Vorgehensweise können dann die Vorteile der Dachentwässerung mit Druckströmung im oberen Bereich des Gebäudes ausgenutzt werden.



**Bild „Eingeschränkte Falleitungshöhe“**

### ***Dachflächen mit stark unterschiedlichem Höhenniveau***

Gemäß DIN 1986-100, Abschnitt 6.4 sollen Dachflächen mit stark unterschiedlichem Höhenniveau (>1 m) über getrennte Falleitungen entwässert werden.

### ***Verbindungs- und Befestigungstechnik***

Nach DIN 1986-100 muss die gewählte Verbindungstechnik entsprechend den Erfordernissen des Systems dauerhaft wasser- und luftdicht sein. Die Befestigungen müssen die auftretenden statischen und dynamischen Beanspruchungen sicher aufnehmen und in das Bauwerk ableiten können.

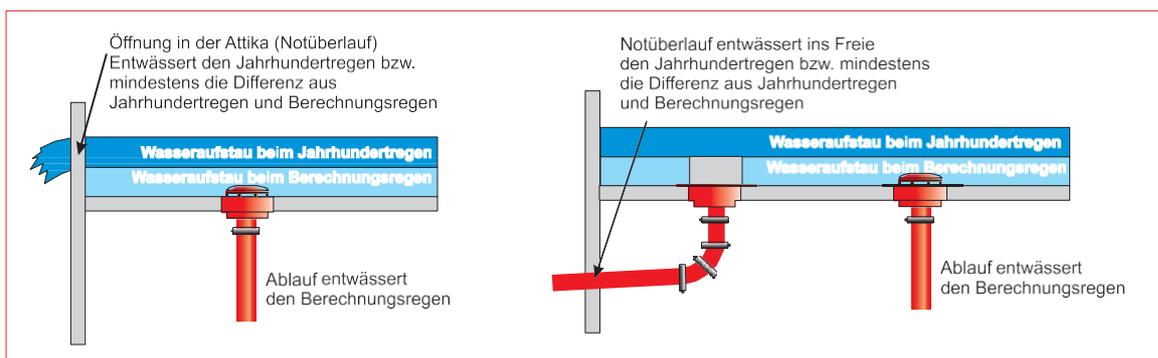
Durch die rechnerische Kontrolle des Innendrucks nach jeder Teilstrecke sind die Unter- und Überdruckbereiche der Anlage bekannt. Die vorgesehenen Systemkomponenten sind streng nach den Montage- und Befestigungsrichtlinien der Hersteller in den jeweiligen Unterdruck- respektive Überdruckbereichen einzusetzen.

### ***Notentwässerungssysteme***

Gemäß DIN 1986-100 sind bei Dachkonstruktionen mit innenliegenden Rinnenentwässerungen und Flachdächern in Leichtbauweise (z.B. Trapezblechdächer) Notüberläufe immer vorzusehen.

Bei allen anderen Dachkonstruktionen ist unter Berücksichtigung der zu erwartenden Regenereignisse am Gebäudestandort, des Dachaufbaus, der Dachgeometrie, der Dachabdichtung, der Statik des Daches und der Ablaufcharakteristik des Entwässerungssystems im Einzelfall zu überprüfen, ob Notüberläufe erforderlich sind. Sind bei innenliegender Dachentwässerung Notüberläufe erforderlich, muss von jedem Dachablauf aus ein freier Abfluss auf der Dachabdichtung zu einem Notüberlauf mit ausreichendem Abflussvermögen vorhanden sein. Lässt die Dachgeometrie einen freien Notüberlauf über die Fassade nicht zu, muss zur Sicherstellung der Notüberlauffunktion ein zusätzliches Leitungssystem mit freiem Auslauf auf das Grundstück diese Aufgabe übernehmen.

Wenn Notentwässerungssysteme erforderlich sind, muss bei Notüberläufen (z.B. Öffnungen in der Attika) sichergestellt sein, dass bei einem Zulauf des Notüberlaufwassers über die Dachabdichtung die zulässige statische Last, bedingt durch das jeweilige Dachgefälle, nicht überschritten wird. Des Weiteren ist bei höheren Gebäuden zu prüfen, ob ein schadfreier Auslauf über die Fassade möglich ist. Ist der Einbau von Notüberläufen (z.B. Öffnungen in der Attika) nicht möglich, müssen zur Sicherstellung der Notentwässerung zusätzlich Notablaufsysteme, bestehend aus Notabläufen mit Leitungssystemen, eingesetzt werden. Notablaufsysteme können im Freispiegel- oder im Druckströmungssystem betrieben werden.



**Bilder „Notüberlauf- bzw. Notablaufsysteme“**