

Basiswissen für Dachhandwerker

Dachentwässerung

Teil 1: Innenliegende Entwässerung

Autor: Dipl.-Ing. Markus Friedrich, 15732 Eichwalde

© Copyright Markus Friedrich Datentechnik
Bahnhofstraße 74
D - 15732 Eichwalde bei Berlin

www.friedrich-datentechnik.de

Alle Rechte sind geschützt.
Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Zustimmung des Autors.

Einleitung

Die Häufigkeit von Extremwetterereignissen in Folge des Klimawandels nimmt kontinuierlich zu. Diesem Trend folgend, wurden die zugehörigen DIN-Normen und die Fachregeln der Berufsverbände überarbeitet und dabei deutlich komplexer.

Mit dieser Einführung möchte ich Ihnen einen Einblick in die aktuellen Normen und Regelwerke geben und darstellen, wie Entwässerungssysteme geplant bzw. geprüft werden.

Hinweis: Die hier gemachten Aussagen repräsentieren einzig den Kenntnisstand des Autors. Sie erheben nicht den Anspruch auf rechtliche oder technische Korrektheit. Insbesondere können nicht alle Aspekte für die Planung und Prüfung von Entwässerungsanlagen erschöpfend behandelt werden. Der Autor haftet nicht für Schäden, die aus der Nutzung dieser Broschüre entstehen!

Normen und Regeln

Bei der Erstellung von Entwässerungsnachweisen für Dächer sind zuvorderst folgende Normen bzw. Fachregeln zu beachten:

- DIN 1986 – Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke
Teil 100: Bestimmungen in Verbindung mit DIN EN 752 und DIN EN 12056
- DIN EN 12056 – Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden
Teil 3: Dachentwässerung, Planung und Bemessung
- VDI 3806 Dachentwässerung mit Druckströmung
- ZVSHK Fachinformation: Bemessung von vorgehängten und innen liegenden Rinnen
- ZVDH Hinweise zur Bemessung von Entwässerungen

Die VDI-Richtlinie 3806 ist hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt. Druckentwässerungssysteme sind Sache von Spezialisten und werden in diesem Rahmen nicht behandelt.

Entwässerungsnachweis

Eine Dach-Entwässerungsanlage arbeitet immer dann korrekt, wenn das anfallende Niederschlagswasser schadensfrei abgeleitet wird. Dies ist genau dann der Fall, wenn der Regenwasserabfluss des Daches geringer oder gleich der Ablaufleistung der Entwässerungsanlage ist.

Mathematisch ausgedrückt: $Q \leq Q_{\text{Anlage}}$

Q = Regenwasserabfluss

Q_{Anlage} = Ablaufleistung Entwässerungsanlage

Einheit: Liter / Sekunde bzw. l/s

Der Entwässerungsnachweis gliedert sich somit in 3 Schritte:

1. Berechnung des Regenwasserabflusses
2. Berechnung der Entwässerungsleistung der Entwässerungsanlage
3. Vergleich und Interpretation der Ergebnisse aus 1. und 2.

Der Regenwasserabfluss ergibt sich aus der Regenspende, der wirksamen Dachfläche, der Beschaffenheit der Dachoberfläche und evtl. einem Sicherheitsfaktor.

Die Entwässerungsleistung der Entwässerungsanlage ergibt sich i.d.R. aus der Summe der Ablaufleistungen der beteiligten Entwässerungselemente.

Auf den folgenden Seiten werden zunächst die benötigten Parameter erläutert und daraus die Formel für den Regenwasserabfluss hergeleitet. Anschließend werden die Besonderheiten innenliegender Entwässerungsanlagen aufgezeigt und das Wirkprinzip von Dachgullys detailliert dargestellt.

Regenspende

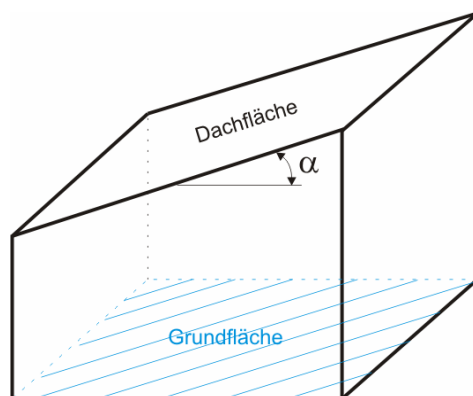
Die Regenspende gibt diejenige Wassermenge an, welche in einem bestimmten Zeitraum auf eine Fläche herabregnet.

Für die Berechnung von Dachentwässerungsanlagen benötigen wir die größte Regenspende, welche, statistisch gemittelt, über einen Zeitraum von 5 Minuten alle 5 Jahre am Bauwerksstandort niedergeht. Diese Regenspende nennt sich $r_{5,5}$ und hat die Einheit Liter / (Sekunde * ha).

Im Anhang A der DIN 1986-100 sind die $r_{5,5}$ -Werte von 88 deutschen Städten angegeben. Die Werte aller deutscher Städte sind im Computerprogramm KOSTRA-DWD-Dach enthalten (kostenpflichtig). Im Einzelfall können auch die örtlichen Behörden oder der Deutsche Wetterdienst in Offenbach erfragt werden, was allerdings ebenfalls Geld kostet.

Teilt man den je ha gültigen $r_{5,5}$ -Wert durch 10000, erhält man die Regenspende je m^2 . Diesen Wert multipliziert man mit der berechneten Fläche und erhält die Regenspende für das Dach. Die Norm spricht hierbei vom Regenwasserabfluss.

Doch Vorsicht: Mit der berechneten Fläche ist die vom Dach überdeckte Grundfläche gemeint, nicht die Oberfläche der Dacheindeckung.



$$\text{Grundfläche} = \text{Dachfläche} * \cos(\alpha)$$

Bild 1: wirksame Dachfläche

Beispiel 1: 200 m^2 Pultdach mit Dachneigung $\alpha = 30^\circ$ in Berlin [$r_{5,5} = 371 \text{ l} / (\text{s} * \text{ha})$]:

$$\begin{aligned} \text{Regenspende} &= (r_{5,5}(\text{Berlin}) / 10000) * \text{Dachfläche} * \cos(\alpha) \\ &= (371 \text{ l} / (\text{s} * \text{ha}) / 10000) * 200 \text{ m}^2 * \cos(30^\circ) \\ &= 6,43 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Neben der Grundfläche können auch aufgehende Wände die Höhe der Regenspende beeinflussen. Für den seltenen Fall, dass Windeinfluss zu berücksichtigen ist, muss die auf das Dach entwässernde Wandfläche zur Hälfte auf die wirksame Dachfläche addiert werden.

Selbst bei Flachdächern sollte nicht vorschnell die Abdichtungsfläche zur wirksamen Dachfläche gesetzt werden. Attikaabdeckungen entwässern in die Dachflächen, ebenso Lichtbänder und evtl. auch Aufbauten wie Treppenhausbedachungen u.a. Diese Flächen sind der wirksamen Dachfläche hinzuzurechnen.

Abflussbeiwert

Die im vorigen Kapitel erläuterte Regenspende tritt nur für kurze Zeit, meist während eines Wolkenbruches, auf. Wird der Abfluss durch eine Kiesschicht oder eine Dachbegrünung verzögert, gelangt nur eine zeitlich gemittelte Regenspende zu den Gullys.

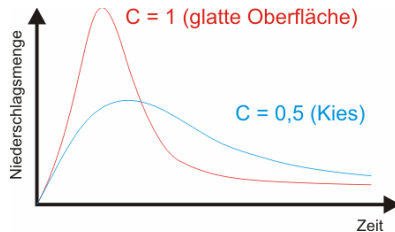


Bild 2: Abflussbeiwert

Die DIN 1986-100 drückt dies im Abflussbeiwert C aus.

Art der Fläche	Abflussbeiwert
Dachflächen	1,0
Betonflächen	1,0
Schwarzdecken (Asphalt)	1,0
Pflaster mit Fugenverguss	1,0
Kiesdächer	0,5
extensiv begrünte Dachfläche bis 10 cm Aufbaudicke	0,5
extensiv begrünte Dachfläche ab 10 cm Aufbaudicke	0,3
intensiv begrünte Dachfläche	0,3

Tab 1: Abflussbeiwerte, Auszug aus DIN 1986-100 Tabelle 6

Der Regenwasserabfluss Q eines Daches berechnet sich damit nach folgender Gleichung:

$$Q = (r_{5,5} / 10000) * C * A$$

mit Q = Regenwasserabfluss in Liter / Sekunde
 $r_{5,5}$ = Regenspende
 C = Abflussbeiwert
 A = wirksame Dachfläche

Sicherheitsfaktor

Laut DIN EN 12056-3 Punkt 4.2.2 und Anhang D sind Sicherheitsfaktoren immer dann erforderlich, wenn keine statistische Regenspende verfügbar ist. Entwässerungsanlagen auf besonders schützenswerten Gebäuden müssen dabei großzügiger dimensioniert werden als Dachrinnen an Einfamilienhäusern. Die DIN EN 12056-3 listet in Tabelle 2 div. Situationen der „Schutzbedürftigkeit“ auf und ordnet diesen folgende Sicherheitsfaktoren (SF) zu:

Situation	SF
- vorgehängte Dachrinne	1,0
- vorgehängte Dachrinne, überfließendes Wasser unangenehm (öffentl. Eingang...)	1,5
- innenliegende Rinnen	2,0
- Gefahr von Wassereintrich bei Verstopfungen bzw. ungewöhnlichem Starkregen	2,0
- innenliegende Rinne, außergew. Schutz erforderlich (Museum, Krankenhaus...)	3,0

Tab. 2: DIN EN 12056-3: Sicherheitsfaktoren (Auszug aus Tabelle 2)

Rechnerisch wird der Regenwasserabfluss mit dem Sicherheitsfaktor multipliziert. Die Formel für den Regenwasserabfluss ohne statistische Regenspende lautet somit:

$$Q = r * C * A * SF$$

r: siehe DIN EN 12056-3 Tabelle 1

Entwässerungsanlagen

Bei Entwässerungsanlagen unterscheidet man zwischen innenliegender und außenliegender Entwässerung.

Außenliegende Entwässerungsanlagen bestehen i.d.R. aus vorgehängten Dachrinnen mit daran angeschlossenen Fallrohren. Näheres finden Sie in Teil 2 dieser Schriftenreihe.

Bei innenliegenden Entwässerungsanlagen unterscheidet man Anlagen mit Punktentwässerung (typ. Gullys) und Anlagen mit linienförmiger Entwässerung (typ. Trogrinnen). Beide können als Freispiegelentwässerungs- oder Druckentwässerungsanlage ausgeführt werden.

Freispiegelentwässerungsanlagen werden so dimensioniert, dass Fallrohre und Anschlussleitungen nur teilweise mit Wasser gefüllt sind. Typischerweise dimensioniert man die Fallrohre mit dem Füllungsgrad 0,33. Hierzu wird jeder Dachablauf mit einer eigenen Falleitung an die Grundleitung angeschlossen.

Bei Druckentwässerungsanlagen, auch Unterdrucksysteme genannt, sind die Fallrohre und Anschlussleitungen komplett mit Wasser gefüllt. Dadurch wird die gesamte Wassersäule Δh zwischen Dachablauf und Grundleitung hydraulisch wirksam und die Abflussleistung liegt deutlich über der einer vergleichbaren Freispiegel- entwässerungsanlage. Um das Fallrohr komplett zu füllen, werden mehrere Dachabläufe über ein gemeinsames Fallrohr an die Grundleitung angeschlossen.

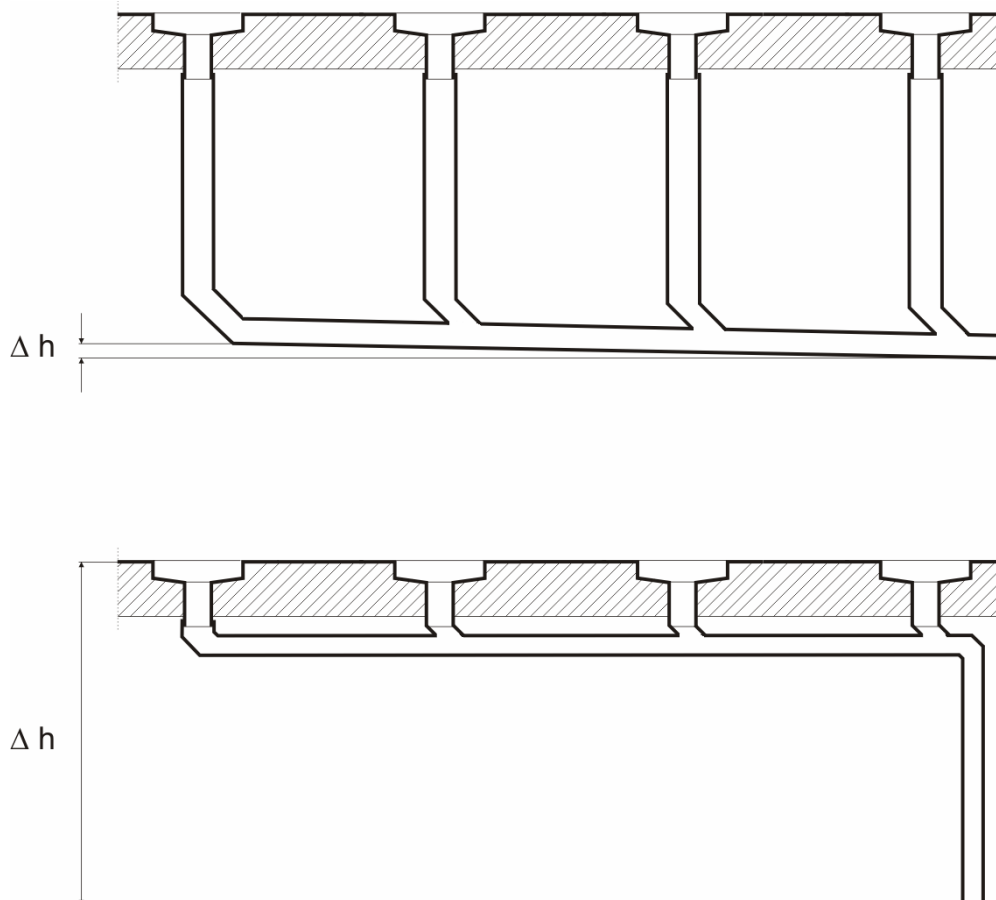


Bild 3: Prinzipskizze Freispiegelentwässerung (oben) und Druckentwässerung (unten)

Die nachfolgenden Erläuterungen beziehen sich ausschließlich auf Freispiegelentwässerungsanlagen.

Innenliegende Entwässerung mit Gullys

Der einfachste Fall innenliegender Entwässerung ist ein gefälleloses Flachdach mit Stahlbetondecke. Für den Entwässerungsnachweis benötigen wir lediglich den Regenwasserabfluss und die Abflussleistung je Gully. In DIN 1986-100 sind die Mindestabflussleistungen für Dachabläufe angegeben.

Nennweite	Mindestabfluss	Stauhöhe
DN 50	0,9 l/s	35 mm
DN 70	1,7 l/s	35 mm
DN 100	4,5 l/s	35 mm
DN 125	7,0 l/s	45 mm
DN 150	8,1 l/s	45 mm

Tab. 3: Mindestabfluss je Gully nach DIN 1986-100

Die Gullyanzahl errechnet sich aus dem Regenwasserabfluss geteilt durch die Abflussleistung je Gully.

Beispiel 2: 500 m² Flachdach in Köln [$r_{5,5} = 312 \text{ l} / (\text{s} \cdot \text{ha})$]. Nennweite Gully = 100 mm.

$$\begin{aligned} \text{Regenwasserabfluss} &= (r_{5,5}(\text{Köln}) / 10000) \cdot \text{Dachfläche} \\ &= (312 \text{ l} / (\text{s} \cdot \text{ha}) / 10000) \cdot 500 \text{ m}^2 \\ &= 15,6 \text{ l/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gullyanzahl} &= \text{Regenwasserabfluss} / \text{Gully-Abflussleistung} \\ &= 15,6 \text{ l/s} / 4,5 \text{ l/s} \\ &= 3,47 \end{aligned}$$

gewählt: 4 Gullys mit Nennweite 100 mm

Da gefällelose Flachdächer ohne schweren Oberflächenschutz Sonderkonstruktionen im Sinne der Flachdachrichtlinien sind, wird sich auf o.a. Dach eventuell eine Kiesauflast befinden. Die Berechnung müsste dann um den Abflussbeiwert C ergänzt werden:

$$\begin{aligned} \text{Regenwasserabfluss} &= (r_{5,5}(\text{Köln}) / 10000) \cdot C \cdot \text{Dachfläche} \\ &= (312 \text{ l} / (\text{s} \cdot \text{ha}) / 10000) \cdot 0,5 \cdot 500 \text{ m}^2 \\ &= 7,8 \text{ l/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gullyanzahl} &= \text{Regenwasserabfluss} / \text{Gully-Abflussleistung} \\ &= 7,03 \text{ l/s} / 4,5 \text{ l/s} \\ &= 1,73 \end{aligned}$$

gewählt: 2 Gullys mit Nennweite 100 mm

Anmerkung: Die Abflussleistung der Fallrohre wurde in obigen Beispielen nicht berücksichtigt. Diese liegt i.d.R. über der Abflussleistung handelsüblicher Gullys und wirkt somit nicht begrenzend (siehe DIN EN 12056-3, Punkt 6.1.1).

Gefälledächer

Auf Dächern mit Gefälle wird das Wasser gezielt zu den Abflüssen geleitet. Dadurch ergeben sich i.d.R. unterschiedlich große Einzugsgebiete je Entwässerungselement. Die Flächenberechnung mit der Formel $\text{Einzugsfläche} = \text{Dachfläche} / \text{Gullyanzahl}$ ergibt jedoch nur eine durchschnittliche Einzugsfläche. Die Unterdimensionierung von Gullys wäre die Folge, der Entwässerungsnachweis fehlerhaft.

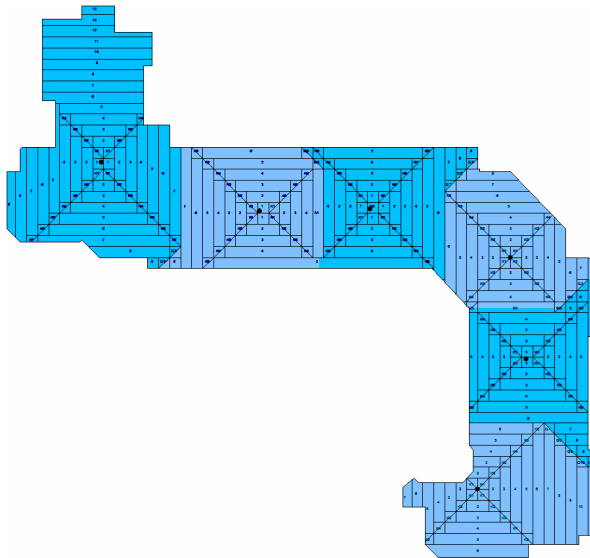


Bild 4: Flachdach mit Gefälledämmung, Einzugsgebiete je Gully. Quelle: MF DachDesigner.

Bei Gefälledächern bzw. Dächern mit konstruktivem Gefälle muss ein gesonderter Entwässerungsnachweis für jedes einzelne Entwässerungselement geführt werden. Hierbei ist für jedes Entwässerungselement dessen Regenwasser-Einzugsfläche zu ermitteln.

ACHTUNG: Falls eine Notentwässerung erforderlich ist, muss diese für jede Teil-Entwässerungsfläche in angepasster Höhe eingebaut werden; siehe Kapitel *Notentwässerung* und *Anstauhöhe*. Im oben dargestellten Gefälledach wäre eine Notentwässerung mit Attika-Durchgängen nicht realisierbar!
Zitat DIN 1986-100 Punkt 5.9: „Von jedem jedem Dachablauf aus muss ein freier Abfluss ... zu eine Notentwässerung ... vorhanden sein“.

Innenliegende Entwässerung mit Rinnen

Innenliegende Rinnen werden meist vor Ort, anhand der baulichen Gegebenheiten bzw. nach Maßgabe des Planers erstellt. Sie entsprechen keinen Standards und besitzen daher keine Norm-Abflussleistung wie z.B. handelsübliche Gullys oder vorgehängte Dachrinnen.

Beispiele für innenliegende Rinnen sind

- klempnertechnisch hergestellte Trogrinnen
- Shed-Rinnen
- Metallrinnen zwischen giebelständigen Reihenhäusern

Ebene Kehlen eines Gefälledaches sind Teil der Dachabdichtung und gehören nicht zu den hier angesprochenen, innenliegenden Rinnen.

Die Berechnung der Abflussleistung innenliegender Rinnen wird im 3. Teil dieser Serie gesondert dargestellt.

Notentwässerung

Lt. DIN 1986-100 Punkt 5.8.2.1 „müssen grundsätzlich jedem Entwässerungstiefpunkt auf dem Dach neben dem Ablauf eine Notentwässerung zugeordnet werden“ (Zitat).

Notentwässerungen müssen Regenspenden ableiten, die über der 5-Jahres-Regenspende $r_{5,5}$ liegen. Die Berechnung der Not-Abflussleistung erfolgt anhand der Jahrhundertregenspende $r_{5,100}$. Bei Gully-Entwässerung ist es i.d.R. ausreichend, wenn Gullys und Notüberläufe gemeinsam den Jahrhundertregen ableiten können. Die Notentwässerung muss nur die Regenmenge ableiten, welche über die 5-Jahres-Regenspende hinausgeht. Die Abflussleistung der Notentwässerung berechnet sich daher wie folgt:

$$Q_{\text{NOT}} = [(r_{5,100} - (r_{5,5} * C)) * (A / 10000)]$$

mit Q_{NOT} = Mindest-Abflussleistung der Notentwässerung in Liter / Sekunde
 $r_{5,100}$ = 5-Minuten-Regenspende die einmal in 100 Jahren erwartet werden muss
 $r_{5,5}$ = 5-Minuten-Regenspende die einmal in 5 Jahren erwartet werden muss
 C = Abflussbeiwert. Achtung: nur auf 5-Jahres-Regenspende anwenden!
 A = wirksame Dachfläche

Beispiel 3: 800 m² Leichtbauhalle in Düsseldorf, $r_{5,5} = 316 \text{ l} / (\text{s} * \text{ha})$ und $r_{5,100} = 607 \text{ l} / (\text{s} * \text{ha})$, $C = 1$

$$\begin{aligned} Q_{\text{NOT}} &= [(r_{5,100} - (r_{5,5} * C)) * (A / 10000)] \\ &= ((607 - 316 \text{ l}/(\text{s} * \text{ha}))) * (800 \text{ m}^2 / 10000) \\ &= 23,28 \text{ l/s} \end{aligned}$$

ACHTUNG: Lt. DIN 1986-100 Punkt 14.2.6 muss die Notentwässerungsanlage besonders schützenswerter Gebäude (Krankenhaus, Museum, Gefahrgutlager...) den Jahrhundertregen alleine entwässern können.

Damit die Notentwässerung nur bei Starkregenereignissen mit Regenspenden überhalb der 5-Jahres-Regenspende zum Einsatz kommt, müssen die Notentwässerungselemente erhöht eingebaut werden. Denn nur wenn die Regenspende über $r_{5,5}$ liegt, darf der Wasseranstau die Gully-Anstauhöhe überschreiten und die Differenz von $(r_{5,100} - r_{5,5})$ über die Notüberläufe abfließen.

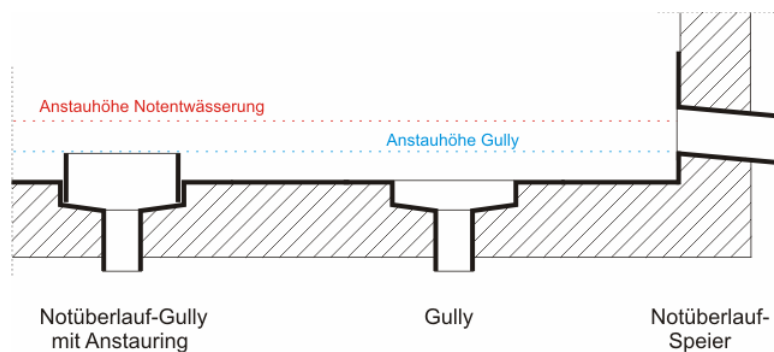


Bild 5: Anstauhöhen bei Entwässerungsanlagen mit Notentwässerung

Die Notentwässerung darf nicht an die Grundleitung bzw. Kanalisation angeschlossen werden, da diese für den Jahrhundertregen nicht ausgelegt ist. Alle Notüberläufe müssen ungehindert ins Freie entwässern können, auch Gullys mit Anstauring. Diese benötigen eine eigene Verrohrung ins Freie.

In den vorliegenden Fällen wurde für die DN_100-Gullys eine Norm-Anstauhöhe von 35 mm angegeben. Daraus folgt, dass die Gullys ihre Entwässerungsleistung von 4,5 l/s erreichen, wenn das Wasser 35 mm hoch steht. Folglich müssen die Notüberläufe um genau diese 35 mm erhöht eingebaut werden. Doch genau hier ergeben sich Probleme bei der Bemessung der Entwässerungsanlage.

Entwässerungsplanung mit variabler Anstauhöhe

In Beispiel 2 (500 m² Flachdach in Köln) ergab die Berechnung der Gullyanzahl ein Ergebnis von 3,47 Stück. Diese Anzahl wurde aufgerundet auf 4 Gullys. Dadurch ergibt sich ein unerwünschter Nebeneffekt: die Abflussmenge je Gully sinkt von 4,5 l/s auf $(15,6 \text{ l/s} / 4) = 3,9 \text{ l/s}$. Im Umkehrschluss sinkt dadurch die Anstauhöhe am Gully.

Hintergrundwissen Anstauhöhe:

Aufgrund der Reibung an der Dachoberfläche wird das Niederschlagswasser auf seinem Weg zum Gully gebremst. Diese Bremswirkung bewirkt einen Wasseranstau. Dieser Effekt verstärkt sich in Fließrichtung, da die Dachoberfläche zum Gully hin immer kleiner wird. Hinzu kommt der Rückstau am Gully, so dass der Wasserspiegel und damit auch der Wasserdruck (hydraulischer Druck) über dem Gully ansteigt. Gleichzeitig steigt aber auch die Abflussleistung des Gullys mit dem hydraulischen Druck. Je höher das Wasser auf dem Dach steht, desto höher die Abflussleistung des Gullys. Sobald die Abflussleistung des Gullys gleich der nachfließenden Regenspende ist, endet der Wasseranstieg und ein Gleichgewicht stellt sich ein.

Diese niedrigere Anstauhöhe erfordert einen tieferen Einbau der Notüberläufe. Baut man diese weiterhin 35 mm oberhalb der Gullys ein, würden die Gullys beim Jahrhundertregen mehr als nur die $r_{5,5}$ – Regenspende an die Grundleitung abgeben, wofür diese jedoch nicht dimensioniert wurde. Im vorliegenden Fall strömt anstelle der geplanten Regenspende von 15,6 l/s eine Regenmenge von $4 \cdot 4,5 \text{ l/s} = 18 \text{ l/s}$ in die Grundleitung (Kanalisation).

Beim Jahrhundertregen ergibt sich auch ohne diesen Effekt eine vergrößerte Anstauhöhe. Der Effekt des überhöhten Wasserzuflusses wird damit zusätzlich verstärkt. Anders ausgedrückt: Es fließt zuviel Wasser durch die Gullys und zuwenig durch die Notüberläufe.

In der Realität werden aus Gründen der Symmetrie, einfacher Fallrohrführung etc. meist mehr als die Mindestanzahl Gullys eingebaut. Reduziert man in solchen Fällen die Anstauhöhe nicht nach unten, verschärft sich das Problem an der Grundleitung! Es besteht die Gefahr, dass die Kanalisation überläuft und die Fallrohre hohem Sog ausgesetzt werden. Lt. aktueller DIN 1986-100 ist dies zwar zu berücksichtigen und damit akzeptabel, im Sanierungsfall muss jedoch unbedingt geprüft werden.

Um die Anstauhöhe nach unten anzupassen, muss die Ablaufleistung des Gullys in Abhängigkeit von der Anstauhöhe bekannt sein. Die Gullyhersteller testen ihre Gullys dahingehend und stellen entsprechende Messwerttabellen zur Verfügung.

AH [mm]	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
DN 70	0,7	1,8	2,8	3,8	4,7	5,8	6,9	7,9	8,9	10,2	11,5		
DN 100	0,5	1,5	2,4	3,4	4,3	5,3	6,3	7,5	8,6	9,8	11		
DN 125	0,8	1,9	2,9	4,1	5,3	6,3	7,3	8,4	9,4	10,8	12,1	13,2	14,3
DN 150	0,5	1,1	2,0	3,0	4,1	5,3	6,3	7,5	8,7	9,9	11	12,1	
DN 200	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5	5,8	7,1	8,2	9,2	10,6	12	13,3	14,5

Tab 4: Ablaufleistung in l/s für Anstauhöhen von 5 bis 65 mm. Quelle: SITA

Mit der Ablaufleistung in Abhängigkeit von der Anstauhöhe kann eine Entwässerungsanlage präzise dimensioniert werden. Für die Kölner Halle ergibt sich nachfolgender Rechenweg:

Beispiel 4: 500 m² Flachdach in Köln [$r_{5,5} = 312 \text{ l} / (\text{s} \cdot \text{ha})$]. Gully: siehe Tabelle 4

Regenspende = $(312 \text{ l} / (\text{s} \cdot \text{ha}) / 10000) \cdot 500 \text{ m}^2 = 15,6 \text{ l/s}$

Gullyanzahl = Regenspende / Gully-Abflussleistung (bei 35 mm Anstauhöhe)
 = $15,6 \text{ l/s} / 6,3 \text{ l/s}$
 = 2,48

Gewählt: 3 Gullys

Ablaufleistung je Gully bei 5-Jahresregen: $15,6 \text{ l/s} / 3 = 5,2 \text{ l/s}$

Korrigierte Anstauhöhe aus Interpolation der Abflussleistungen bei 25 mm und 30 mm: 29 mm