

Ist die Regenwasserversickerung von bebauten Flächen wirklich naturnah?

Joachim Sartor

Konzepte der naturnahen Regenwasserbewirtschaftung zielen darauf ab, den durch Grundwasserabsenkung, Verschärfung von Hoch- und Niedrigwasserabflüssen oder reduzierte Verdunstung veränderten Wasserhaushalt auszugleichen. Mittels einfacher Bilanzrechnungen lässt sich zeigen, dass durch die Versickerung im Jahresmittel je nach Flächennutzung vor der Bebauung zwischen dem 2- und 7-fachen der natürlichen Mengen dem Untergrund zugeführt wird.

1. Problemstellung

Auf bebauten Flächen anfallendes Niederschlagswasser wurde in der Vergangenheit bei uns fast ausschließlich über die Kanalisation in das nächste Gewässer abgeleitet. Zunehmend wird jedoch offensichtlich, dass dieser „hohe Entwässerungskomfort“ oft durch folgende Nachteile erkaufte wurde:

- verringerte Grundwasserneubildung
- Verschärfung der Hoch- und Niedrigwasserabflüsse im Gewässer sowie
- Änderungen im Kleinklima (geringere Verdunstung, Erwärmung und Staubbildung).

Letztendlich belegen all diese negativen Effekte eine Störung des natürlichen Wasserhaushalts. Daher werden als Ergänzung oder Alternative zu Ableitung und technischem Rückhalt zunehmend Konzepte der so genannten naturnahen Regenwasserbewirtschaftung gefordert, die aus Maßnahmen wie Entsiegelung, Versickerung, Dachbegrünung, Dacheinstau, Regenwassernutzung o.ä. bestehen können.

Abgesehen von der Vermeidungsstrategie bei Neubaugebieten (Minimierung der versiegelten Flächen) beschränkt man sich aber in der Praxis derzeit weitgehend auf die Umsetzung von Versickerungsmaßnahmen.

Dies hat vor allem wirtschaftliche Gründe, da die so „abgekoppelten“ Flächen bei der hydraulischen Bemessung von Kanalisationsanlagen nicht (Neuplanung) bzw. nicht mehr (Sanierungsplanung) in Rechnung gestellt werden müssen. Sollen jedoch tatsächlich die genannten Nachteile der konventionellen Ableitung vermieden werden, so muss grundsätzlich für alle Formen der Regenwasserbewirtschaftung der Maßstab der natürlichen Wasserbilanz gelten [1, 2, 3]. Dies bedeutet, dass Konzepte oder Planungsvarianten der Siedlungsentwässerung hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit danach zu beurteilen sind, inwieweit die Komponenten der Wasserhaushaltsgleichung (Grundwasserneubildung, Verdunstung, Abfluss) in ihrer ursprünglichen Ausprägung erhalten oder dieser wieder angenähert werden.

2. Wasserhaushalt und Bebauung

Nach ATV [1] beträgt die Größenordnung der mittleren Jahreswasserbilanz für Deutschland etwa folgende Werte:

- Niederschlag:
N = 100 % (ca. 770 mm/a)
- Verdunstung:
E ≈ 50 – 80 % (hier vereinfachend gerundet: E = 65 %)

- Grundwasserneubildung:
GWN ≈ 10 – 30 % (GWN = 20 %)
- Direktabfluss (Oberflächenabfluss, Bodenzwischenabfluss etc.):
α ≈ 10 – 20 % (α = 15 %)

Auf Grund der u. a. entfallenden Pflanzenverdunstung verändern sich diese Größen bei einer versiegelten Fläche zu

- E ≈ 20 – 40 % (gemittelt E = 30 %)
- α ≈ 60 – 80 % (α = 70 %).

Der Jahresabflussbeiwert von α = 70 % bezieht sich zunächst auf das von der versiegelten Fläche (z. B. Steildach) abfließende Wasser. Für den Wasserhaushalt ist dann die weitere Bewirtschaftung dieses Regenwassers entscheidend.

Ist die versiegelte Fläche an ein reines Ableitungssystem angeschlossen, so erhöht sich danach im Jahresmittel deren Direktabflussvolumen um mehr als den 4-fachen Betrag (70/15 = 4,7) gegenüber dem natürlichen Zustand. Würde man als Bezugswert – statt dem Mittelwert für Deutschland – Wald (insbesondere Nadelwald) ansetzen, so fiel das Verhältnis noch ungünstiger aus. Gemäß **Bild 1** liefert Wald zwar keinen Oberflächenabfluss, dennoch besteht hochwassererzeugender Direktabfluss ohnehin zum größten Teil aus Bodenzwischenabfluss (z. B. in Makroporen) und (mittels Druckimpuls) verdrängtem altem Wasser. Altwasser, also älteres Grundwasser und ausgedrücktes Bodenwasser, das bereits zu Beginn des aktuellen Niederschlagsereignisses im Einzugsgebiet gespeichert war, kann nach [4] sogar bis zu 80 % einer Hochwasserwelle ausmachen. Diese Abflusskomponenten sind in **Bild 1** im Term „Sickerung“ enthalten. Insbesondere bei Fichtenwald ist laut [6] der weitaus größte Teil der Sickerung dem Zwischenabfluss zuzuordnen. Würde man also die gesamte Sickerung dem Direktabfluss zuschlagen (Maximalbetrachtung), so läge beispielsweise

der Jahresabflussbeiwert (von Fichten immer noch unter 10% ($70/750 = 0,09$)). Betrachtet man nun das Szenario, in dem eine ehemals mit (Nadel-)Wald bestandene Fläche versiegelt und an ein Ableitungssystem angeschlossen wird, so würde sich die Komponente Abfluss in der Jahresbilanz um mehr als den Faktor 7 ($70/10$) erhöhen.

Stellt man ähnliche Betrachtungen für die naturnahe Regenwasserbewirtschaftung an, so sei zunächst an die erwähnte Feststellung erinnert, dass sich solche Maßnahmen in der Praxis derzeit vorwiegend auf Versickerungsanlagen konzentrieren. In rechnerischer Hinsicht bieten sich dafür die leicht erfassbare Schachtversickerung oder die reine Rigolenversickerung nach [7] an (keine zusätzliche Verdunstung). Hierdurch wird der Abflussanteil von $\alpha = 70\%$ der versiegelten Flächen vollständig dem Untergrund zugeleitet. Geht man wieder von Mittelwerten aus und nimmt man zum einen an, dass das Sickerwasser keinen Beitrag zum Direktabfluss liefert, so ergibt sich eine um das 3- bis 4-fache des natürlichen Werts erhöhte Grundwasserneubildung ($70/20 = 3,5$). Nimmt man andererseits Grundwasserneubildung und Direktabfluss als gemeinsame Bezugsgröße (Vernachlässigung des Oberflächenabflusses), so ergibt sich immerhin noch der Faktor 2 ($70/(15 + 20)$), um den dem Untergrund mehr Wasser als im natürlichen Zustand zugeführt wird. Analog ergibt sich für (Nadel-)Wald wieder mindestens der Faktor 7 ($70/10$).

Die Schacht- und reine Rigolenversickerung stellen natürlich Extremfälle dar, die schon alleine aus Qualitätsgründen vermieden werden sollten (keine Reinigungswirkung durch die belebte Bodenschicht). Aber auch Mulden- und Mulden-Rigolen-Systeme alleine können die natürliche Wasserbilanz nicht einhalten, da ihre Verdunstungswerte nach [8] lediglich in der Größenordnung von 5% liegen. Obwohl Siedlungsgebiete natürlich nicht nur aus undurchlässigen Flächen bestehen und sich die genannten Faktoren mit abnehmendem Versiegelungsgrad relativieren, muss die Regenwasserversickerung aus dieser Sicht als nicht naturnah eingestuft werden!

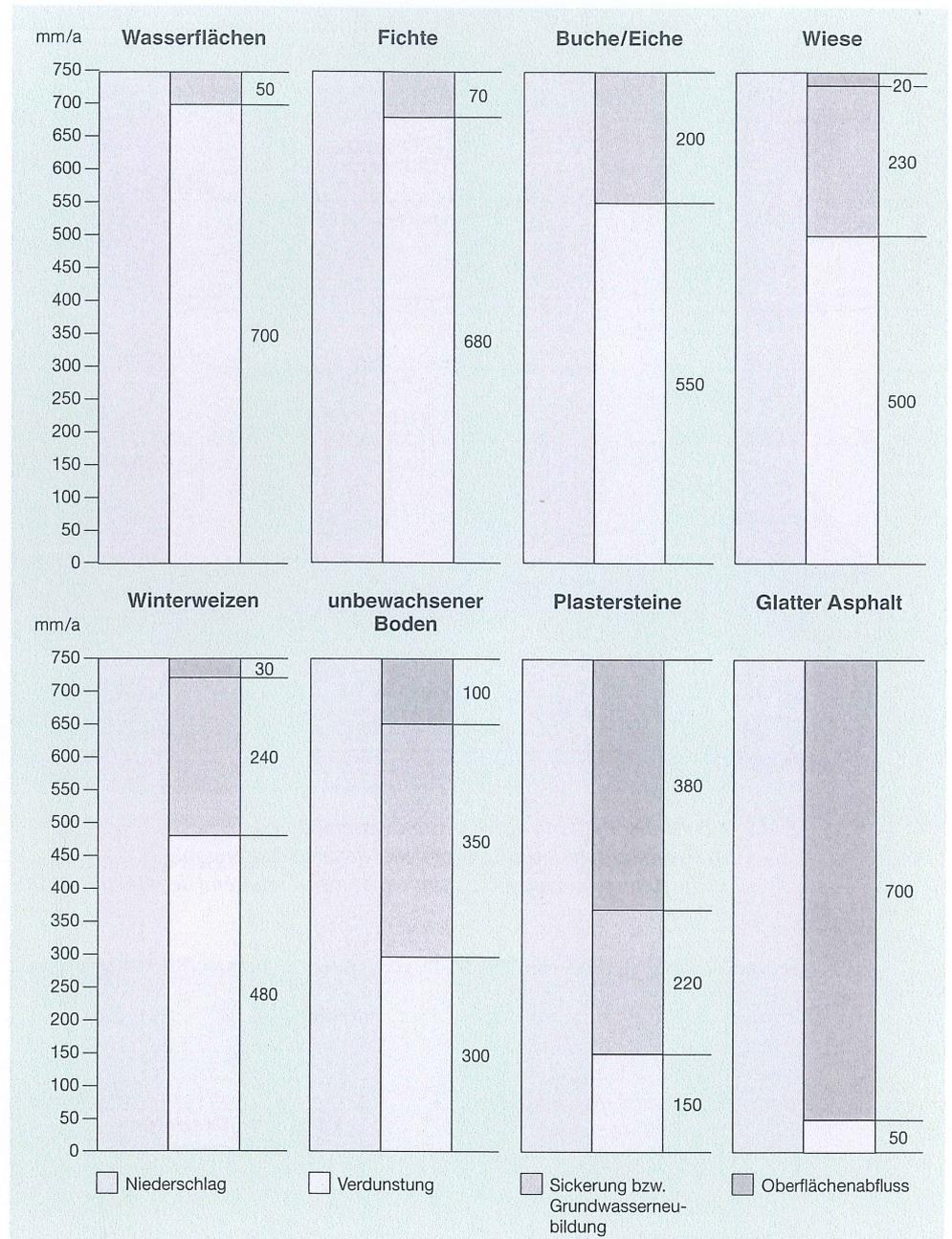


Bild 1: Standortwasserbilanzen für unterschiedliche Landnutzungsformen [6]

Es gibt Beispiele ausgeführter Versickerungsanlagen, die funktionieren, und solche, die es aus den genannten oder anderen Gründen (z. B. Bodenverdichtung während des Baus) nicht tun. Im Versagensfall können die direkt spürbaren Folgen für die An- und Unterlieger von allgemeiner Bodenvernässung bis zu Hangrutschungen reichen. Ferner wird oft die Frage aufgeworfen, inwieweit die Regenwasserversickerung zur Hochwasserdämpfung bei-

tragen kann [9]. Dies berührt die komplexen Mechanismen der Hochwasserbildung, die gemäß jüngeren Literaturstudien wie [10] oder [11] immer noch nicht ausreichend erforscht sind. Im Hinblick auf Versickerungsanlagen ist danach aber u. a. mit Fällen zu rechnen, in denen bei weitgehend wassergesättigtem Boden künstlich versickertes Regenwasser mittels Druck (luft)impulsübertragung älteres Wasser aus tieferen Schichten zeitgleich

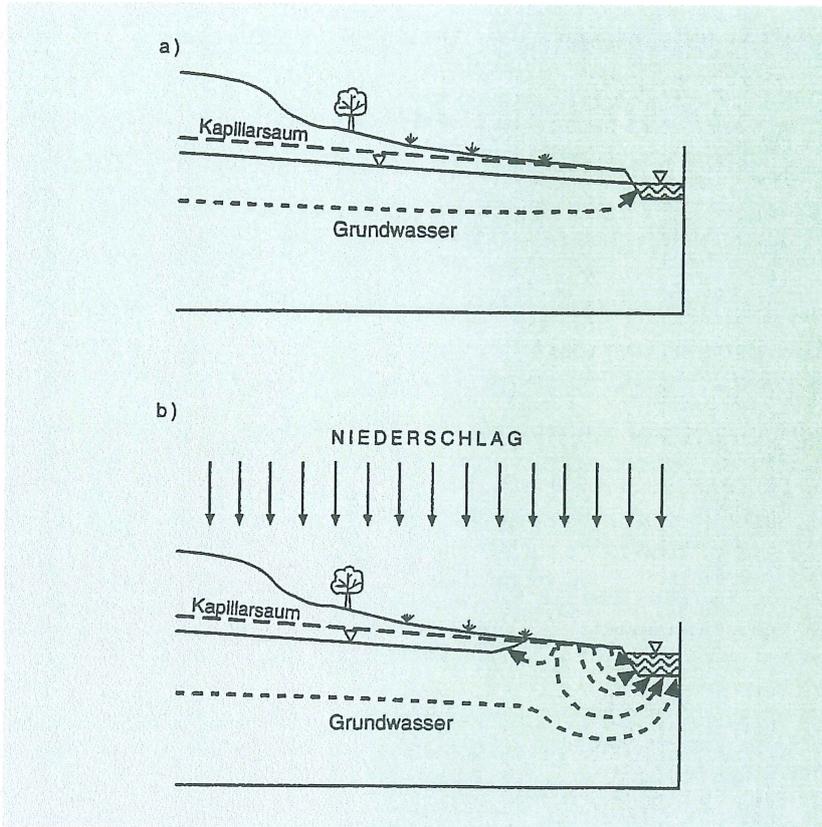


Bild 2: Hochwasserbildung durch Groundwater Ridging:
 a) Hydrologische Situation vor dem Niederschlagsereignis,
 b) Entstehung von einem „Grundwasserberg“ während des Ereignisses [10]

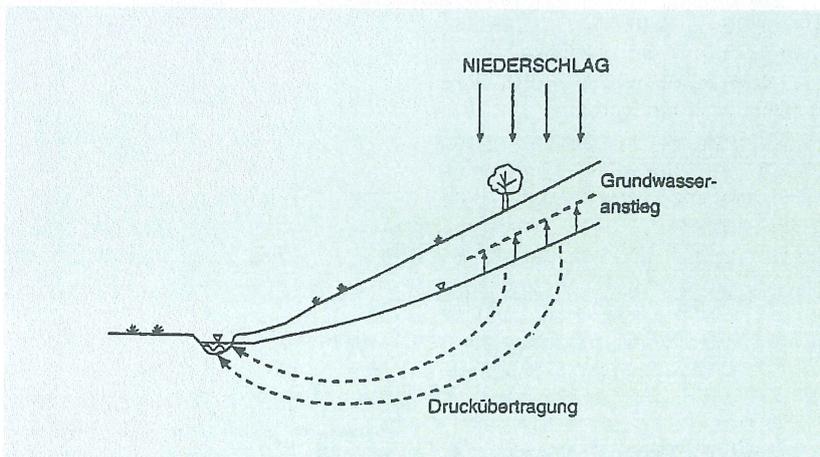


Bild 3: Hochwasserbildung durch Piston-Flow (Druckübertragung) [10]

ins Gewässer drückt, z. B. gemäß **Bild 2** oder **3**. Dies gilt natürlich nur, sofern es sich um so genannte hydraulisch angeschlossene Flächen handelt. Da Siedlungen aber oft in Gewässernähe liegen, muss wohl in vielen Fällen davon ausgegangen werden.

Folglich ist zu befürchten, dass Versickerungsanlagen hinsichtlich ihrer hochwasserdämpfenden Wirkung überschätzt werden könnten. Dagegen dürfte ein Bewirtschaftungssystem, das die Gesamtwasserbilanz weitgehend einhält, auch bei Hoch-

wasserereignissen auf Grund der dann unveränderten (gemäß [12] sehr einflussreichen) Bodenvorfeuchte und Altwassermengen die größtmögliche Angleichung an das Abflussverhalten natürlicher Flächen erwarten lassen.

3. Angepasste Regenwasserbewirtschaftung

Wie gezeigt können weder Ableitungssysteme noch reine Versickerungsanlagen die natürliche Wasserbilanz einhalten, weil die Verdunstungskomponente immer zu gering ausfallen wird. Um dies zu erreichen, bieten sich als Ergänzung zur Versickerung insbesondere zwei Systeme an, nämlich die Dachbegrünung und die Regenwassernutzung.

Die Dachbegrünung ist die einzigste Maßnahme im Rahmen der naturnahen Regenwasserbewirtschaftung, durch die annähernd natürliche Verdunstungswerte sichergestellt werden und somit u.a. auch eine wesentliche Verbesserung des lokalen Kleinklimas erreicht werden kann. Hinzu kommen direkte Vorteile für den Bauherrn wie verbesserte Schall- und Wärmeisolierung, insbesondere zum Temperatenausgleich im Sommer. Selbst in Bestandsgebieten finden sich oft bereits zahlreiche, mit einer Kieschüttung versehene Flachdächer (meist auf Garagen und öffentlichen Gebäuden). Ersetzt man diese mit vergleichsweise geringem Aufwand durch eine Vegetationsschicht (incl. Drainung und Wurzelschutzfolie), so reduziert sich der Jahresabflussbeiwert α gemäß **Bild 4** von ca. 0,6 auf weniger als die Hälfte. Ähnliches gilt natürlich auch für Steildächer, deren (nachträgliche) Begrünung aber wesentlich aufwändiger ist.

Führt man die „Überlaufmengen“ eines Gründaches einer Versickerungsanlage zu, so wird der natürliche Wasserkreislauf am weitgehendsten nachgebildet. Da sich so deren zusätzlicher Zufluss (von der angeschlossenen bebauten Fläche) auf wenige Starkregenereignisse konzentriert, könnte die Gesamtbilanz beider Flächen im Mittel über das Jahr theoretisch eingehalten werden.

Insbesondere für Steildächer in Bestandsgebieten bietet sich eine Reduzierung des anfallenden Nieder-

schlagabflusses durch eine Regenwassernutzung an. Auch hierdurch ergibt sich wieder eine interessante Kombinationsmöglichkeit mit einer nachgeschalteten Versickerung. In der Literatur werden nämlich Trinkwassereinsparungen von ca. 50 m³ pro Jahr und 100 m² Dachfläche genannt. Dies entspricht einem Regenwasserverbrauch von 500 mm/a, der einer Versickerungsanlage entzogen wird. Wählt man $\alpha = 0,75$ für das Steildach, so ergibt sich der Gesamtabflussbeiwert dieses Teilsystems (Überlauf des Regenwassertanks) zu nur

$$\alpha_{\text{ges}} \approx 0,75 - 500/770 = 0,1.$$

Mit den aufgezeigten Maßnahmenkombinationen ließe sich also beispielhaft die „Naturferne“ reiner Versickerungsanlagen ausgleichen. Natürlich wäre eine solche Bilanzierung im Regelfall nicht für die durch ein Einzelgebäude versiegelte Fläche, sondern für das gesamte Neubaugebiet einschließlich Straßen und durchlässigen Flächenanteilen zu führen. Bei Betrachtung des gesamten Siedlungsgebietes ließen sich unter Umständen sogar Vorteile für (reine) Versickerungsmaßnahmen erkennen, falls so die unter einem Neubaugebiet erhöhte Grundwasserneubildung entsprechende Defizite unter einem Bestandsgebiet (mit Ableitungssystem) ausgleichen würde. Zu berücksichtigen wären dann aber dennoch die Auswirkungen hinsichtlich Direktabfluss und unzureichender Verdunstung.

4. Langzeit-Messprogramm

Die Komponenten einer Regenwasserbewirtschaftung, die auf eine Einhaltung der natürlichen Wasserbilanz abzielt, werden seit 1997 vom Autor in einem langfristig angelegten Messprogramm untersucht. Die Anlage (Einfamilienhaus) (Bild 5) besteht aus einer Regenwassernutzung und Gründach, deren Überläufe einem Mulden-Rigolen-System nach SIEKER zugeführt werden. Sowohl Niederschlag wie auch Abflüsse werden an mehreren Schnittstellen messtechnisch erfasst. Im Detail stellen sich die Einzelkomponenten wie folgt dar:

- **Steildachfläche I:** $A_I = 41 \text{ m}^2$; Abfluss über Wirbelfeinfilter zur Regenwassernutzungsanlage mit Inhaltsmessung QM_2

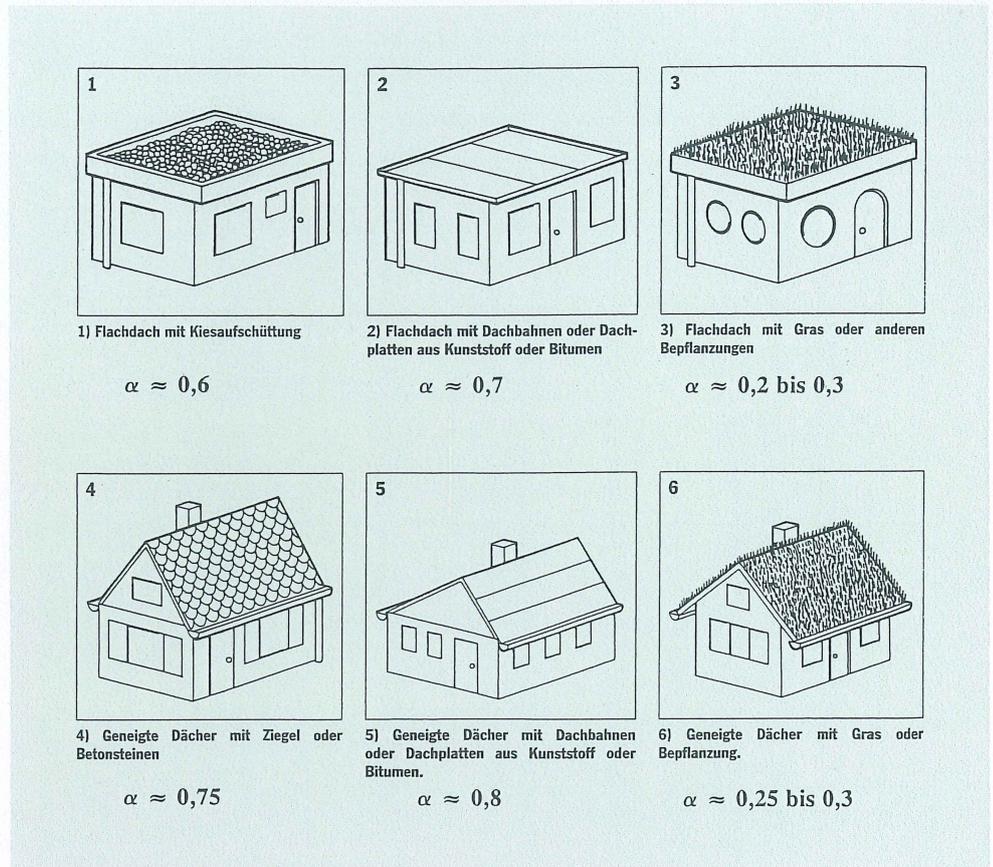


Bild 4: Jahresabflussbeiwerte α (nach verschiedenen Quellen)

- **Steildachfläche II:** $A_{II} = 25 \text{ m}^2$; Abfluss wie I
- **Steildachfläche III:** $A_{III} = 32 \text{ m}^2$; Abfluss wahlweise zum Kanalnetz oder auf Gründachfläche V
- **Steildachfläche IV:** $A_{IV} = 34 \text{ m}^2$; Abfluss in Messbehälter QM_4 (Vergleichsgröße); Nutzung für Gartenbewässerung o. Ä.; Überlauf zum Kanalnetz
- **Gründachfläche V** (vgl. Bild 6): $A_V = 22 \text{ m}^2$; extensiv begrüntes Flachdach (System Hydrotex); Abfluss in Messbehälter QM_3 ; Nutzung für Gartenbewässerung o. Ä.; Überlauf zum Mulden-Rigolen-System
- **Regenwassernutzungsanlage:** 1500 Liter Tank; Speisung von WC, Waschmaschine und Außenzapfstelle; Überlauf zum Mulden-Rigolen-System.
- **Mulden-Rigolen-System:** Versickerungsanlage bestehend aus einer ca. 25 cm tiefen Mulde mit knapp 1 m³ Inhalt und darunter liegender Rigole (V_{brutto} ca. 8 m³); Überlauf über V-Messwehr QM_1 zum Kanalnetz.

- **Niederschlagsregistrierung:** N-Schreiber mit Wippensystem; Aufzeichnung auf EDV-Datensammler und Bandschreiber; Summenkontrolle über Impulzzähler und Sammelbehälter sowie durch separaten N-Messer auf dem Gründach. Beispielsweise durch die Umlenkung von Steildachabflüssen auf das Gründach sind verschiedene Versuchsanordnungen möglich. Dies soll einerseits eine Lösungsmöglichkeit für das häufig auftretende praktische Problem aufzeigen, dass zwar die gartenseitigen Dachflächen von Gebäuden abgekoppelt werden können, nicht aber die straßenseitigen. Andererseits bildet natürlich das Potenzial der Gründachfläche, solche zusätzlichen Abflüsse aufzunehmen (und zu verdunsten), einen Schwerpunkt der Untersuchungen. Erste Bilanzrechnungen stimmen in dieser Hinsicht optimistisch. Generell wird von dem Messprogramm ein Beitrag zur Bemessung und zur verbesserten Simulation solcher Anlagen erwartet.

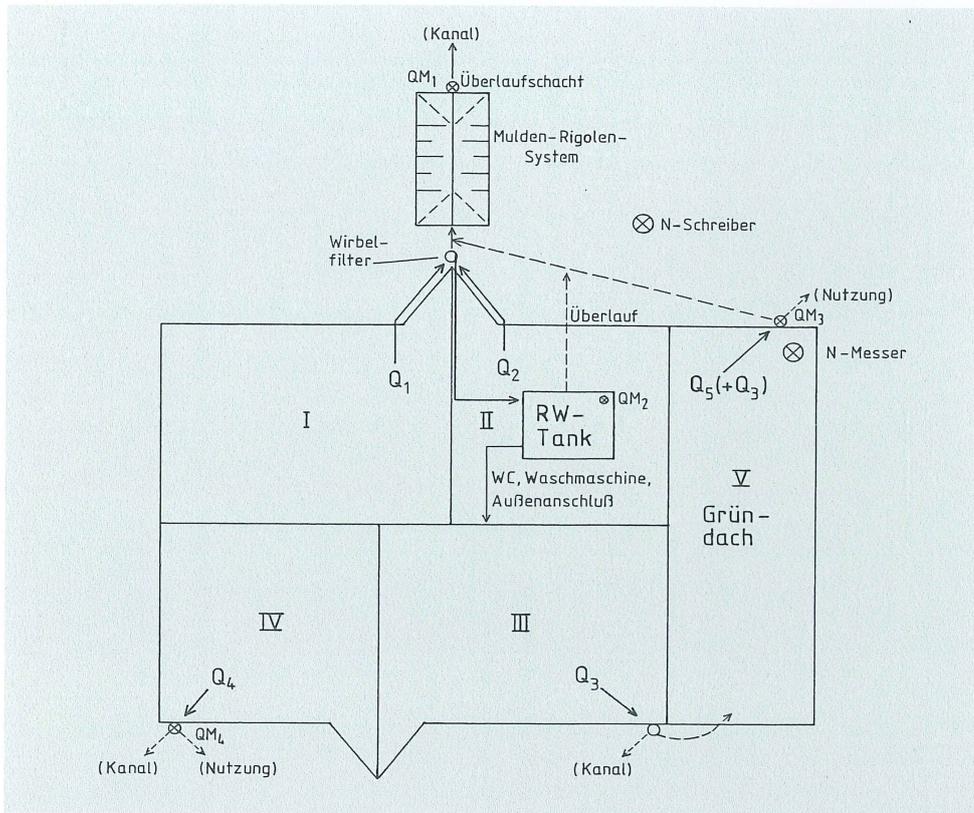


Bild 5: Anlagenprinzip mit Messanordnung



Bild 6: Gründach am 20.02.99 nach rund 8 mm Niederschlag in ca. 3 Stunden (rechts im Bild der Zufluss vom Steildach)

Literatur

[1] Abwassertechnische Vereinigung e.V. (ATV): Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten zur Angleichung an natürliche Abfluss-

verhältnisse. Arbeitsbericht der Arbeitsgruppe 1.2.6 „Hydrologie der Stadtentwässerung“; Korrespondenz Abwasser, Heft 4, 1999

[2] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (ATV-DVWK): Merkblatt 153 – Handlungsempfehlungen für den Umgang mit Regenwasser. Hennef, 2000

[3] SIEKER, H.: Generelle Planung der Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten. Mitteilung Nr. 116 des Instituts für Wasserbau und Wasserwirtschaft der TU Darmstadt, 2001

[4] HERRMANN, A.: Global review of isotope hydrological investigations. In: OBERLIN, G. (ed.): Friend-3rd Report 1994-1997, Cemagref Editions Antony, France, 1997 (zitiert aus [5])

[5] Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau (DVWK): Hochwasserabflüsse. Schrift Nr. 124, Bonn, 1999

[6] Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz: Landnutzung und Wasserhaushalt. Mainz, 1991

[7] ATV: Arbeitsblatt A 138 – Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser. St. Augustin, 1990

[8] SCHNEIDER, F.: Messtechnische Untersuchung und modelltechnische Beschreibung des Speicher- und Abflussverhaltens von Mulden-Rigolen-Systemen. Dissertation am Institut für Wasserwirtschaft der Universität Hannover, 1999 (zitiert aus [3])

[9] SARTOR, J.: Die Bedeutung der Wasserbilanz in der naturnahen Regenwasserbewirtschaftung. In: Hochwasserschutz heute – Nachhaltiges Wassermanagement. Erich Schmidt Verlag, 2001

[10] UHLENBROOK, S.; LEIBUNDGUT, C.: Abflussbildung bei Hochwasser in verschiedenen Raumskalen. Wasser und Boden, Heft 9, 1997

[11] MENDEL, H.: Elemente des Wasserkreislaufs – eine kommentierte Bibliografie zur Abflussbildung. Analytica Verlagsgesellschaft, Berlin, 2000

[12] KREIN, A.: Der Einfluss des Bodens auf die Wellenform und den Stofftransport bei Hochwasser in kleinen Einzugsgebieten. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung. Heft 1, 2000

Autor

Professor Dr.-Ing. Joachim Sartor,
 Fachhochschule Trier, FB 2
 Schneidershof
 54293 Trier,
 E-Mail: J.Sartor@FH-Trier.de