

Sind die heute in der Praxis verwendeten Spitzenabflussbeiwerte zu hoch?

Autor(en): **Kaufmann, Peter / Ellenberger, Hans**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **98 (1980)**

Heft 24

PDF erstellt am: **19.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74140>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Sind die heute in der Praxis verwendeten Spitzenabflussbeiwerte zu hoch?

Von Peter Kaufmann und Hans Ellenberger, Bern

Künstliche Beregnungen verschiedener Oberflächenmaterialien und Untersuchungen natürlicher Regenabflüsse von Einzelflächen und verschiedener Überbauungsarten, ermöglichten uns die Ausarbeitung dieser Empfehlung für die Bestimmung des Spitzenabflussbeiwertes. Damit können die maximalen Regenabflussmengen in Kanalisationsnetzen zuverlässiger berechnet werden.

Bei Regen- und Abflussmessungen in verschiedenen Überbauungsarten wurde festgestellt, dass die effektiv abfließenden Regenwassermengen wesentlich kleiner waren, als dies gemäss Kanalisations-Handbücher zu erwarten war. Das Bundesamt für Umweltschutz (BUS) erteilte uns deshalb den Auftrag zur Untersuchung der Regenwasserverluste in Siedlungsgebieten sowie zur Überprüfung der in der Literatur empfohlenen Abflussbeiwerte.

Zur Lösung dieser Aufgabe wurden verschiedene Oberflächenmaterialien künstlich beregnet und natürliche Regenereignisse an Einzelflächen sowie an verschiedenen Überbauungsarten untersucht. Wir möchten allen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben, bestens danken.

Die Studie «Der Spitzenabflussbeiwert – Eine Untersuchung der Regenwasserverluste in Siedlungsgebieten» kann beim Bundesamt für Umweltschutz, 3003 Bern, leihweise bezogen werden. In Ergänzung des vorliegenden Berichtes erscheint in der Zeitschrift «Gas-Wasser-Abwasser», Mai 1980, ein Aufsatz von W. Munz über die Beziehungen zwischen Abflussbeiwert, Fließzeitmethode und den wirklichen Vorgängen bei der Abflussbildung [7].

Definition von Spitzenabflussbeiwert und Spitzenabflussanteil

Die meisten Mischwasserkanäle und die Regenwasserkanäle des Trennsystems werden üblicherweise mit Hilfe der Fließzeitmethode nach der Formel (1) berechnet:

$$(1) \quad Q = r_B \cdot \psi_s \cdot F$$

Q = maximale Abflussmenge im Berechnungspunkt (l/s)

r_B = Bemessungsintensität = mittlere Regenintensität in der Bemessungszeit T_B (l/s · ha), wobei T_B = die für den Bemessungspunkt massgebende Regendauer (= Fließzeit und Anlaufzeit)

ψ_s = Spitzenabflussbeiwert

F = Fläche des Einzugsgebietes = effektive Fläche

Der Spitzenabflussbeiwert ψ_s drückt dabei den Anteil des abfließenden Regens aus, denn von der auf die Einzugsgebietfläche F gefallenen Regenmenge gelangt nur ein Teil in die Kanalisation. Der Rest des Regenwassers geht durch Oberflächenbenetzung, Muldenauffüllung, Versickerung, Verdunstung usw. für den Abfluss verloren.

Da bei der Fließzeitmethode mit einer während der Bemessungszeit T_B (= Fließzeit im Kanalnetz und Anlaufzeit) konstanten Regenintensität r_B , der sogenannten Bemessungsintensität, gerechnet wird, gilt für den Spitzenabflussbeiwert ψ_s eines Überbauungsgebietes, der in der Dimensionierungsformel (1) eingesetzt wird, die Definition:

(2)

Spitzenabflussbeiwert ψ_s

$$= \frac{\text{max. Abflussintensität } r_A \text{ (l/s} \cdot \text{ha}_{\text{eff}}\text{)}}{\text{Bemessungsintensität } r_B \text{ (l/s} \cdot \text{ha)}}$$

In Bild 1 ist dies noch etwas verdeutlicht.

Der Maximalabfluss wird durch die Charakteristik des Siedlungsgebietes bestimmt. Je dichter das Gebiet überbaut ist, umso mehr abflusserzeugende Flächen sind vorhanden, d.h. umso mehr Regenwasser fließt ab.

Für die Kanalisationsberechnung sind vorab jene Flächen von Interesse, die sofort zu einem bedeutenden Abfluss führen. Es sind dies die sog. befestigten Flächen wie z.B. Strassen, Dächer,

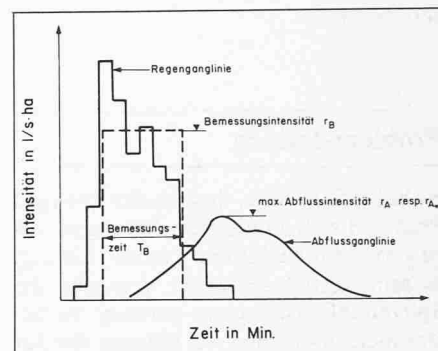


Bild 1. Illustration der verwendeten Begriffe

Parkplätze, die an die Kanalisation angeschlossen sind. Im Gegensatz dazu fließt von den unbefestigten Flächen wie Gärten, Wiesen, Parkanlagen usw. nicht so viel Wasser in die Kanalisation ab, dass dadurch der Maximalabfluss wesentlich beeinflusst würde (Ausnahme: steiles, nicht terrassiertes Gelände, wie etwa Steilwiesen, Rebberge).

Bekanntlich wird definiert:

(3)

Befestigungsanteil γ

$$= \frac{\text{Anteil befestigte Flächen}}{\text{Gesamtfläche}}$$

Wir definieren deshalb für einzelne befestigte Flächen – wie z.B. ein einzelnes Ziegeldach oder einen Parkplatz – das Verhältnis der maximalen Abflussintensität zur Bemessungsintensität als Spitzenabflussanteil α_s :

(4)

Spitzenabflussanteil α_s

$$= \frac{\text{max. Abflussintensität } r_A^* \text{ (l/s} \cdot \text{ha}_{\text{befestigt}}\text{)}}{\text{Bemessungsintensität } r_B \text{ (l/s} \cdot \text{ha)}}$$

Die für die einzelnen Materialien wie Asphaltbeton, Ziegel, usw. massgebenden Spitzenabflussanteile α_s können durch Regen- und Abflussmessungen an Einzelflächen bestimmt werden.

Bezeichnet man mit $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_m$ die prozentualen Anteile der m befestigten Einzelflächenarten eines Siedlungsgebietes an der Gesamtfläche dieses Gebietes, und sind die zugehörigen Spitzenabflussanteile $\alpha_{s1}, \alpha_{s2}, \dots, \alpha_{sm}$ bekannt, so lässt sich der Spitzenabflussbeiwert ψ_s dieses Gebietes nach der Gleichung

(5)

$$\psi_s = \sum_{i=1}^m \gamma_i \cdot \alpha_{s_i}$$

berechnen.

Problemstellung

Es hat sich gezeigt, dass in der heutigen Praxis die Kanalisationsleitungen oft zu gross dimensioniert werden. Gelingt es nun, durch geeignete Versuche die Spitzenabflussbeiwerte genauer zu bestimmen als bisher, so können die für die Kanalisationsbauten aufzuwendenden Baukosten bei gleicher Sicherheit gegen Überstauungen gesenkt werden. Der in Gleichung (5) vorgeschlagene Weg, den für ein bestimmtes Gebiet anzuwenden Spitzenabflussbeiwert ψ_s festzustellen, ist nur dann sinnvoll, wenn sich das Abflussverhalten der verschiedenen Materialien (Asphaltbeton, Beton, Ziegel, usw.), aus denen sich die befestigte Fläche eines solchen Gebietes üblicherweise zusammensetzt, massgeblich voneinander unterscheidet. Ziel der Untersuchungen (vgl. dazu Bild 2) war daher die Ermittlung der Spitzenabflussanteile einiger ausge-

wählter Materialien. Da beim Fließzeitverfahren jeder Modellregen durch seine *Regenhöhe* (= Bemessungsintensität · Regendauer) vollständig definiert ist, schien es uns zweckmässig, die α_s - bzw. ψ_s -Werte in Funktion der Regenhöhe darzustellen.

Erst aufgrund der Resultate wurde dann am Schluss die Frage beantwortet, ob im Bereich der üblichen Bemessungsregenhöhen die α_s - bzw. ψ_s -Werte als konstant angesehen werden dürfen. In verschiedenen Überbauungsgebieten wurde anschliessend überprüft, ob die mit Hilfe der Abflussanteile errechneten ψ_s -Werte auch wirklich mit den effektiv gemessenen Werten übereinstimmen.

Sollten die Untersuchungen ergeben, dass die heute in der Praxis verwendeten Spitzenabflussbeiwerte nur beschränkt anwendbar sind, war ein Vorschlag für künftig zu benützende ψ_s -Werte zu erarbeiten.

Die Regenwasserverluste verschiedener Materialien

Einzeluntersuchungen an ausgewählten Materialien

Da die Ansicht weit verbreitet ist, befestigte Flächen wie Dächer, Strassen,

Parkplätze usw. seien als «dicht» anzusehen, und ein versickerungsähnlicher Verlust trete daher nicht auf, sind in der Literatur wenig Angaben über die Wasseraufnahmefähigkeit solcher Oberflächenbefestigungen zu finden. Aus diesen Grunde wurden mit kleinen Materialstücken aus *Asphaltbeton*, *Beton*, *Ziegel* und *Eternit* Beregnungsversuche durchgeführt, mit dem Ziel, genauere Informationen über die Wasseraufnahme und den Trocknungsprozess bei solchen Baustoffen zu erhalten.

Wasseraufnahme bei Dauerberegnung

Die Wasseraufnahmefähigkeit schwankte je nach Materialart, oft aber auch beim selben Baustoff je nach dessen Alter und Verarbeitungsqualität, beträchtlich (Bild 3 und 4). Innerhalb der ersten 10 Minuten nach Regenbeginn wurden Werte zwischen 0,10 l/m² (Eternit) und 3,10 l/m² (neuer, ungebrauchter Flachziegel) registriert. Die meisten Materialien nahmen die Hälfte oder mehr der gesamten Wassermenge, die sie absorbieren können, innerhalb dieser ersten 10 Minuten auf.

Wasserabgabe

Der Trocknungsprozess bei *Zimmertemperatur* zeigte sich als kaum materialabhängig und verlief äusserst lang-

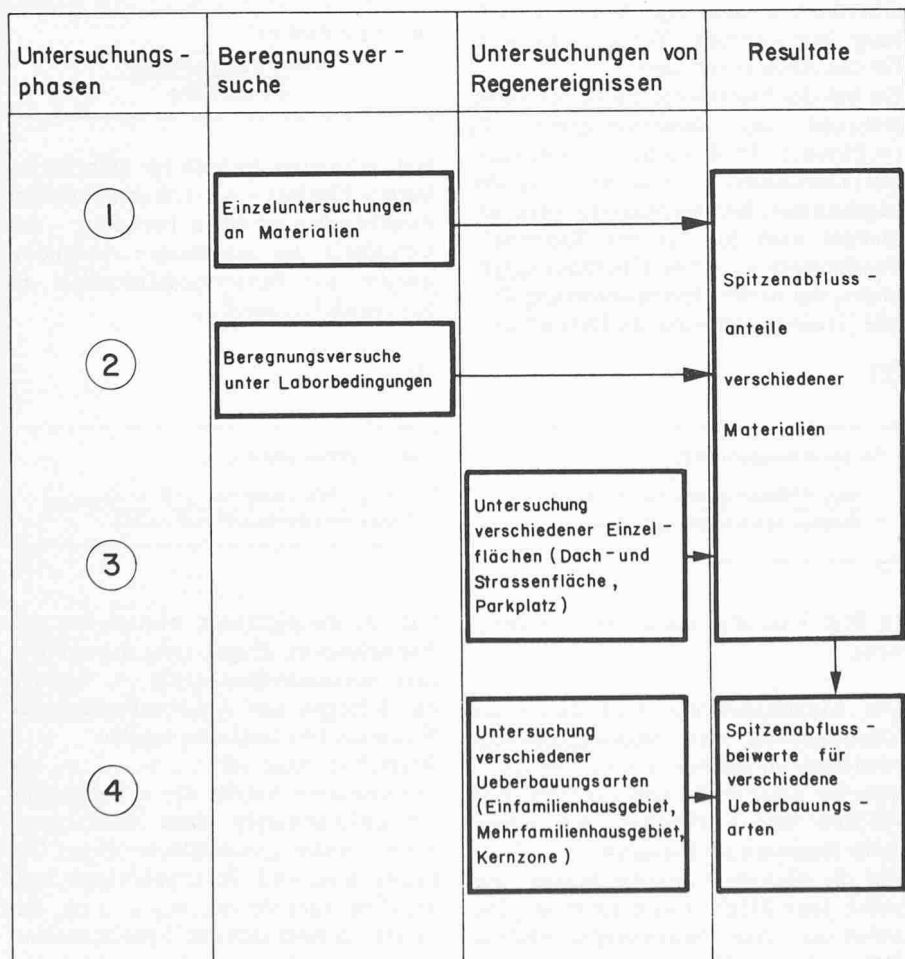


Bild 2. Untersuchungsablauf

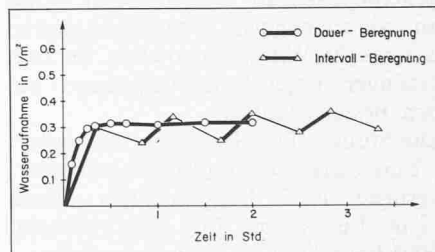


Bild 3. Material: Asphaltbeton. Wasseraufnahme bei Dauer- und Intervall-Beregnung

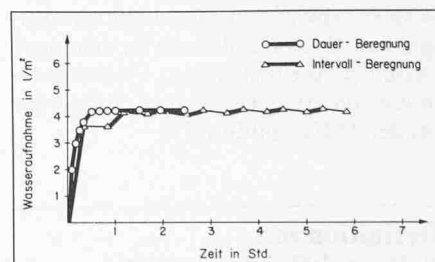


Bild 4. Material: Ziegel neu. Wasseraufnahme bei Dauer- und Intervall-Beregnung

sam. Etwas rascher trockneten die Materialien bei Sonnenbestrahlung, auch traten hier deutliche materialspezifische Unterschiede zu Tage. Es ist aber doch bemerkenswert, dass beispielsweise ein neunständiger Sonnentag nicht ausreichte, um ein Ziegeldach (Bild 6) oder eine gut verdichtete Betonplatte (Bild 5), die während einer Stunde intensiv beregnet worden waren, vollständig auszutrocknen.

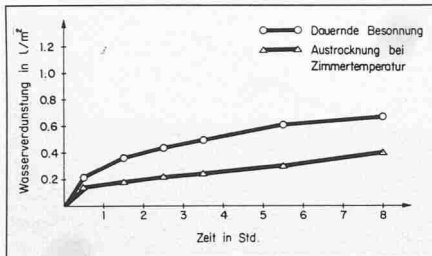


Bild 5. Material: hochwertiger Beton. Wasserabgabe bei dauernder Besonnung und bei Zimmertemperatur

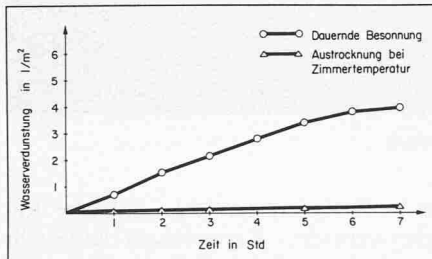


Bild 6. Material: Ziegel alt. Wasserabgabe bei dauernder Besonnung und bei Zimmertemperatur

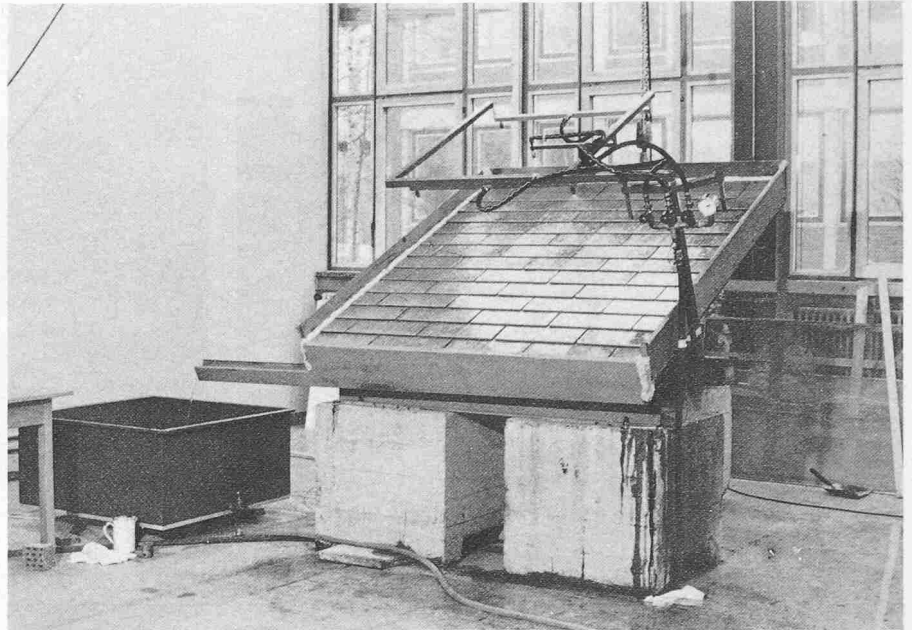


Bild 7. Blick auf die Versuchsanlage

Beregnungsversuche im Labor

In einer Versuchshalle der EMPA (Eidg. Materialprüfungsanstalt, Dübendorf) wurden auf einer Anlage (Bild 7) mit den Materialien Asphaltbeton, Beton, Ziegel und Eternit Beregnungsversuche durchgeführt. Hauptziel der Versuche war die Analyse des Abflussverhaltens der einzelnen Materialien unter verschiedenen Bedingungen. Zu diesem Zweck wurden die Faktoren

- Vorbefeuchtung
- Neigung der Versuchsfläche
- Beregnungsintensität

planmässig variiert und die Resultate ausgewertet. Die Ergebnisse zeigten sehr deutlich das enge, *interaktive Zusammenwirken der drei untersuchten Parameter*. Trotzdem konnten einige wichtige Erkenntnisse gewonnen werden:

Vorbefeuchtung

Der Einfluss der Vorbefeuchtung war nicht bei allen Materialien gleich gross (Bild 8). Am deutlichsten trat er beim Asphaltbeton und beim Ziegel zu Tage, wo bei benetzter Oberfläche wesentlich geringere Verluste auftraten. Bei Beton und Eternit war kein Einfluss feststellbar. Die unerwartet grosse Differenz beim Asphaltbeton war auf die schlechte Materialqualität zurückzuführen (etwa 14 Vol. Prozent Hohlraumgehalt, grosse durchgehende Poren). Bezüglich der *Auswirkungen auf den Spitzenabflussanteil α_s* konnten die Ergebnisse der Laborversuche wie folgt interpretiert werden: Der Einfluss der Vorbefeuchtung ist sehr wichtig und muss bei der Festlegung der Abhängigkeit der Spitzenabflussanteile berücksichtigt werden. Da bei der Bemessung von Kanalisationen die bei gegebener

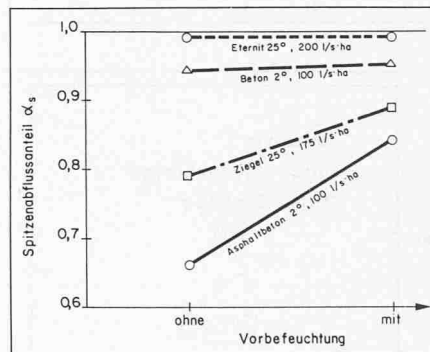


Bild 8. Einfluss der Vorbefeuchtung auf den Spitzenabflussanteil α_s

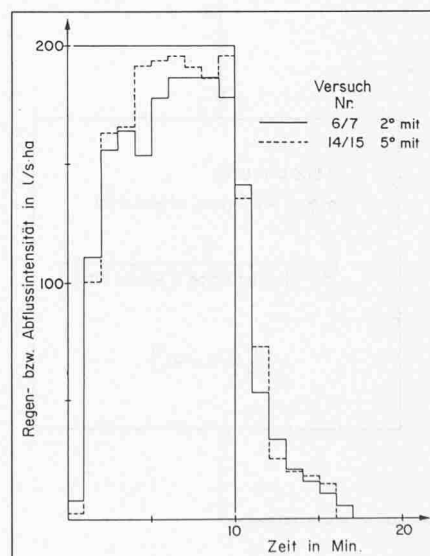


Bild 9. Laborversuche: Abflusskurven mit dem Material Asphaltbeton

Regenintensität und Regendauer *grösstmögliche* Abflussintensität interessiert, bedeutet dies, dass bei der Bestimmung der anzuwendenden Spitzenabflussanteile von vorbefeuchteten Oberflächen ausgegangen werden muss.

Neigung der Versuchsfläche

Der Einfluss der Flächenneigung auf den Abflussanteil war nicht derart ausgeprägt, dass für flache und steile Oberflächen verschiedene Spitzenabflussanteile bestimmt werden mussten.

Beregnungsintensität

Ein eindeutiger Einfluss auf die Resultate war nicht erkennbar. Sie liessen darauf schliessen, dass die Spitzenabflussanteile oberhalb etwa 6 mm Regenhöhe generell sehr flach verlaufen müssen.

Untersuchung von Regenereignissen an verschiedenen Einzelflächen

Ausschliesslich aus Beregnungsversuchen im Labor gewonnene Spitzenabflussanteile hätten für die praktische Anwendung nur eine sehr geringe Aussagekraft. Aus diesem Grunde wurden auf vier Einzelflächen im Freien Regen- und Abflussgeräte installiert und insgesamt 52 Regenereignisse ausgewertet (Bild 10).

Wie zu erwarten war, wurden auf den Einzelflächen höhere Verluste registriert als im Labor. Bei 9 mm Regenhöhe (300 l/s · ha in 5 Minuten) wurden gegenüber den Laborergebnissen bedeutende *Mehrverluste* (Tabelle 1) infolge Muldenauffüllung, Versickerung in Fugen, Verwehen, usw. festgestellt (bei vorbefeuchteter Oberfläche).

Der Spitzenabflussanteil

Gestützt auf die Ergebnisse der zuvor beschriebenen Versuche konnten nun die Spitzenabflussanteile α_s der untersuchten Materialien bestimmt werden. Wie bereits erwähnt, sollen die α_s -Wer-

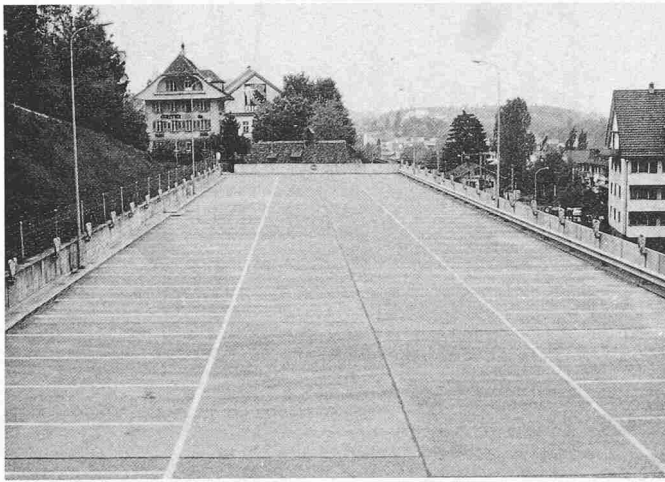
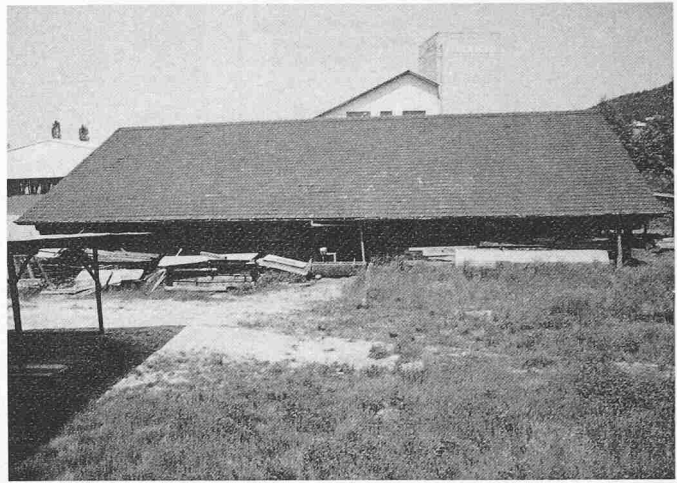


Bild 10. Beispiele für Versuchsflächen: Einzelfläche Parkplatz Gurten



Einzelfläche Ziegeldach Gümligen

Tabelle 1. Mehrverluste gegenüber Laborversuchen

	Verlust in l/m ² bei Beregnung im Labor	Verlust in l/m ² bei der Untersuchung von Einzelflächen
- Asphaltbeton	0,4	1,7
- Ziegel	0,8	1,0

te in Funktion der Regenhöhe (= Regenintensität · Regendauer) dargestellt werden, wobei sich die Regendauer aus Fließzeit um Kanalnetz und Anlaufzeit zusammensetzt.

Die massgebende Regenintensität entspricht bei den Beregnungsversuchen

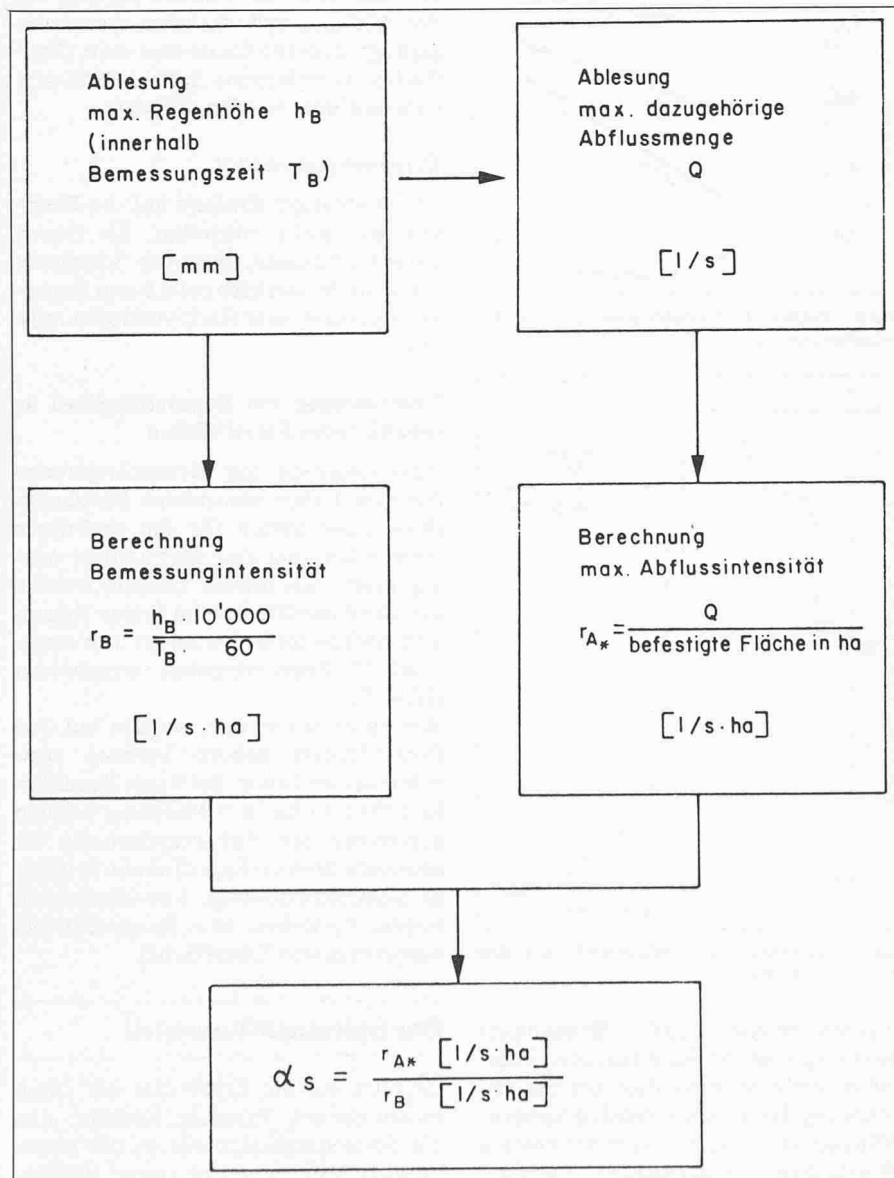
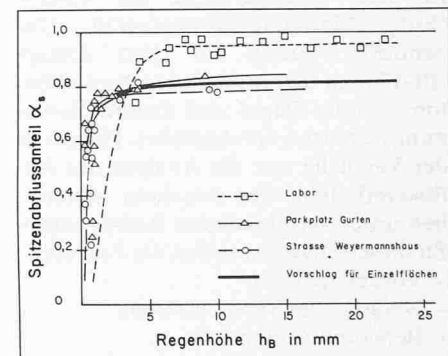
Bild 11. Vorgehen bei der Ermittlung der Spitzenabflussanteile α_s 

Bild 12. Spitzenabflussanteil für Asphaltbeton-Einzelflächen

der je Versuch als konstant gewählten Beregnungsintensität. Im Fall der Einzelflächen mussten zuerst die Regenaufzeichnungen ausgewertet werden. Aus den *Pluviographen-Kurven* (Aufzeichnung der Regenhöhe in Funktion der Zeit) wurde die maximal auftretende Regenhöhe innerhalb der Bemessungszeit von 5 Minuten abgelesen und daraus die Bemessungsintensität berechnet. Bei der Ermittlung der einzelnen α_s -Werte wurde nach dem in Bild 11 angegebenen Schema verfahren.

Die *Auswertungen* sollen am Beispiel des Materials *Asphaltbeton* im folgenden dargestellt werden. Da Asphaltbeton der meistverwendete Strassenbelag ist, wurden zwei Einzelflächen mit diesem Material getestet. Bei beiden Materialien konnten für den Fall mit Vorfeuchtung eindeutige Kurven ermittelt werden, deren α_s -Mittelwert für 5 bis 20 mm Regenhöhe auf einem Wert von etwa 0,80 praktisch konstant bleibt (Bild 12). Sehr deutlich unterschieden

sich die Ergebnisse der Einzelflächen von den Laborresultaten. Die Mehrverluste waren vor allem darauf zurückzuführen, dass auf den natürlichen Flächen Wasser in Mulden und Unebenheiten zurückgehalten wurde. Zusätzlich ergab sich bei grösseren Regenhöhen noch weitere, nur schwer erfassbare Verluste wie z.B. Abflüsse in unbefestigte Flächen. Rückstauungen bei den

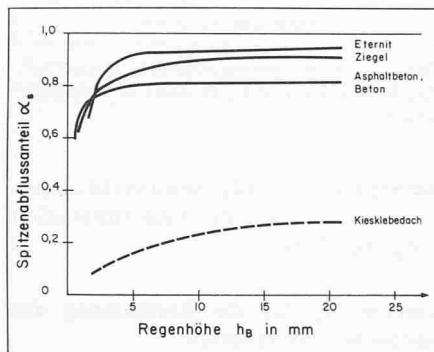


Bild 13. Spitzenabflussanteile von Einzelflächen

Wassereinläufen und in den Ablaufrohren führten zu einer Reduktion der Abflussspitze und damit zu einer weiteren Verringerung des Spitzenabflussanteiles α_s .

Analog wurden die Spitzenabflussanteile der Materialien Eternit, Ziegel, Beton und Kiesklebedach bestimmt. Zusammenfassend ergaben sich für Einzelflächen, die in Bild 13 aufgezeichneten, folgenden Resultate. Für die Materialien Eternit, Ziegel, Asphaltbeton und Beton dürfen die Abhängigkeiten als gesichert angesehen werden (Kurven ausgezogen), während beim Kiesklebedach auf Grund der Versuche keine gesicherte Kurvenbildung möglich war (Kurve gestrichelt).

Analysiert man den Verlauf der Kurven in Bild 13, so stellt man fest, dass sich die Kurven nach einer steil ansteigenden Anlaufphase im Bereich 0 bis 5 mm Regenhöhe schnell verflachen und – mit Ausnahme der Ziegel-Kurve – nur noch gering ansteigen. Das bedeutet, dass im häufigsten Anwendungsbereich von 10 bis 20 mm Regenhöhe die Spitzenabflussanteile α_s und damit auch die Spitzenabflussbeiwerte ψ_s als konstant angenommen werden dürfen. Die bis heute in der Praxis allgemein angewandte Theorie konstanter Abflussbeiwerte erweist sich demnach als richtig.

Berechnung des Spitzenabflussbeiwertes aus den Spitzenabflussanteilen

Wenn nun in einem Gebiet die Flächen gleicher Oberflächenbeschaffenheit jeweils mit den zugehörigen Spitzenab-

flussanteilen multipliziert und die erhaltenen Werte addiert werden, so erhält man den Spitzenabflussbeiwert ψ_s dieses Gebietes (Tabelle 2).

Die Berechnung erfolgt in den folgenden Schritten:

1. Festlegung der charakteristischen Testgebiete:
2. Genaue Aufnahme der befestigten Flächen im Gelände
3. Ermittlung der Befestigungsanteile γ_i
4. Festlegung der Spitzenabflussanteile α_s
5. Berechnung des Spitzenabflussbeiwertes ψ_s nach Gleichung (5)

Messung der Spitzenabflussbeiwerte von Siedlungsgebieten und Vergleich mit den berechneten Werten

Vorgehen

Um zu prüfen, ob die in Bild 13 angegebenen Spitzenabflussanteile α_s in der Praxis auch wirklich zu brauchbaren Spitzenabflussbeiwerten ψ_s führen, wurde folgendes Vorgehen gewählt:

- a) Regen- und Abflussmessungen in verschiedenen Siedlungsgebieten und Messen der entsprechenden, siedlungsspezifischen Spitzenabflussbeiwerte ψ_s (sog. «gemessene» Werte)

Tabelle 2. Tabelle zur Berechnung des Spitzenabflussbeiwertes

Ingenieurbüro Balzari Blaser Schudel, Bern					
Berechnung des Spitzenabflussbeiwertes					
Auftrag: <u>Untersuchung der Regenwasserverluste</u>			Auftrags Nr.: <u>K53</u>		
Teilgebiet: <u>Künigenmatt, Zürich</u>			Datum: <u>14.10.78</u>		
			Gerechnet: <u>Kf</u>		
Flächenarten		Flächen in m ²		Anteil an Gesamtfl.	Spitzenabflussanteil
Material		mit Abfluss in Kan.	ohne Abfluss in Kan.	γ_j	α_j
Dächer	Ziegel	3'509		0,318	0,90
	Eternit				
	Kiesklebe				
	Blech, Schiefer				
Strassen und Plätze	Asphaltbeton	728		0,066	0,80
	Beton (Ballen)	122		0,011	0,80
	Pflasterung				
	Schotterdecke	27		0,003	0,25
Grünflächen	Rasengittersteine				
	Gärten, Wiesen	—	6'147	0,557	
	Wälder	—			
	Rebberge				
	Steilwiesen > 10%				
	Zugangswege		492	0,045	
		4'386	6'639	1,00	$\psi_s = 0,35$
Situation:					

- b) Berechnung der für dieses Gebiet zu erwartenden ψ_s -Werte nach Vorgehensschema im vorangegangenen Kapitel (sog. «berechnete» Werte)
 c) Vergleich «gemessene»/«berechnete» ψ_s -Werte

Von fünf Siedlungsgebieten verfügten wir über Regen- und Abflussmessungen, in welchen insgesamt 70 Regenereignisse ausgewertet wurden. Das Resultat dieser Überprüfung soll am Beispiel des Mehrfamilienhausgebietes Küngenmatt dargestellt werden (Bild 14).

flussbeiwerte verwendet. Es zeigte sich, dass die in der Praxis verwendeten Spitzenabflussbeiwerte im Vergleich zu den Untersuchungsergebnissen in vielen Fällen zu hoch sind (Bild 16).

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Ergebnisse aus den Untersuchungen von Einzelflächen

Für die am häufigsten vorkommenden Oberflächenmaterialien wie Asphaltbe-

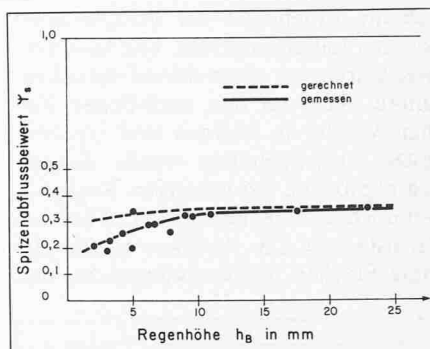


Bild 15. Mehrfamilienhausgebiet Küngenmatt, Zürich. Gemessene und gerechnete Spitzenabflussbeiwerte

chenarten ebenfalls Spitzenabflussanteile auf Grund von Literaturstudien festgelegt [1-6].

Empfehlung für die Bestimmung des Spitzenabflussbeiwertes

Für die Bestimmung des Spitzenabflussbeiwertes ψ_s ist der Befestigungsanteil, γ der massgebende Parameter. Für Gebiete mit gleicher Überbauungsart kann der Spitzenabflussbeiwert als konstant angenommen werden. Es kann auf drei Arten bestimmt werden:

- Ⓐ Für charakteristische Testgebiete werden die Flächenanteile der verschiedenen Oberflächenmaterialien mit den zugehörigen Spitzenabflussanteilen α_{si} multipliziert und aufsummiert:

$$\psi_s = \sum_{i=1}^m \gamma_i \cdot \alpha_{si} \quad (5)$$

- Ⓑ Aufgrund des gesamten Befestigungsanteils γ ergibt sich der Spitzenabflussbeiwert für ein Siedlungsgebiet angenähert zu



Bild 14. Versuchsgebiet Küngenmatt, Zürich

Beispiel Mehrfamilienhausgebiet Küngenmatt, Zürich

Das Versuchsgebiet Küngenmatt ist ein typisches, sehr dicht überbautes Mehrfamilienhausgebiet in der Stadt Zürich. Das Gebiet ist vollständig überbaut mit langgezogenen, 3geschossigen Mehrfamilienhäusern. Die Gesamtfläche des Versuchsgebietes umfasst etwa 1,1 ha, mit einem Befestigungsanteil von etwa 40 Prozent, wobei die Materialien Asphaltbeton und Ziegel mit 6 Prozent bzw. 32 Prozent Anteil an der Gesamtfläche am meisten vertreten sind. Der für eine Bemessungszeit von 6 Minuten rechnerisch ermittelte Spitzenabflussbeiwert beträgt $\psi_s = 0,35$ und entspricht dem massgebenden gemessenen Wert.

Die gute Übereinstimmung zwischen gemessenen und gerechneten Spitzenabflussbeiwerten (Bild 15) bestätigt die Brauchbarkeit der vorgeschlagenen Methode zur Bestimmung des ψ_s -Wertes auf Grund der befestigten Teilflächen eines Gebietes.

Vergleich der gemessenen Werte mit der Praxis in der Schweiz

Wie aus einer Umfrage bei 13 kantonalen Gewässerschutzämtern hervorging, werden heute sehr divergierende Ab-

ton, Ziegel, Beton, Eternit konnten die Spitzenabflussanteile α_s (Verhältnis von maximaler Abflussintensität zur Bemessungsintensität) durch Versuche bestimmt werden. Die gemessenen Werte waren im üblichen Dimensionierungsbereich von 10–20 mm Regenhöhe praktisch konstant (Tabelle 3). Für die Anwendung in der Praxis wurden zusätzlich zu den gemessenen Werten für häufig vorkommende Oberflä-

Tabelle 3. Spitzenabflusswerte für häufig vorkommende Oberflächenmaterialien

	Spitzenabflussanteil α_s
Dächer	
- Ziegel	0,90
- Eternit	0,95
- Kiesklebe	0,25
- Blech, Schiefer	0,95
Strassen und Plätze	
- Asphaltbeton	0,80
- Beton	0,80
- Pflästerung ohne Fugenverguss	0,50
- wassergebundene Schotterdecken	0,25
- Rasengittersteine	0,15
Grünflächen	
- Garten, Wiesen, Parkanlage	0
- Wald	0
- Rebberge, nicht terrassiert	0,30+0,50
- Steilwiesen (Gefälle > 10%)	0,30+0,50

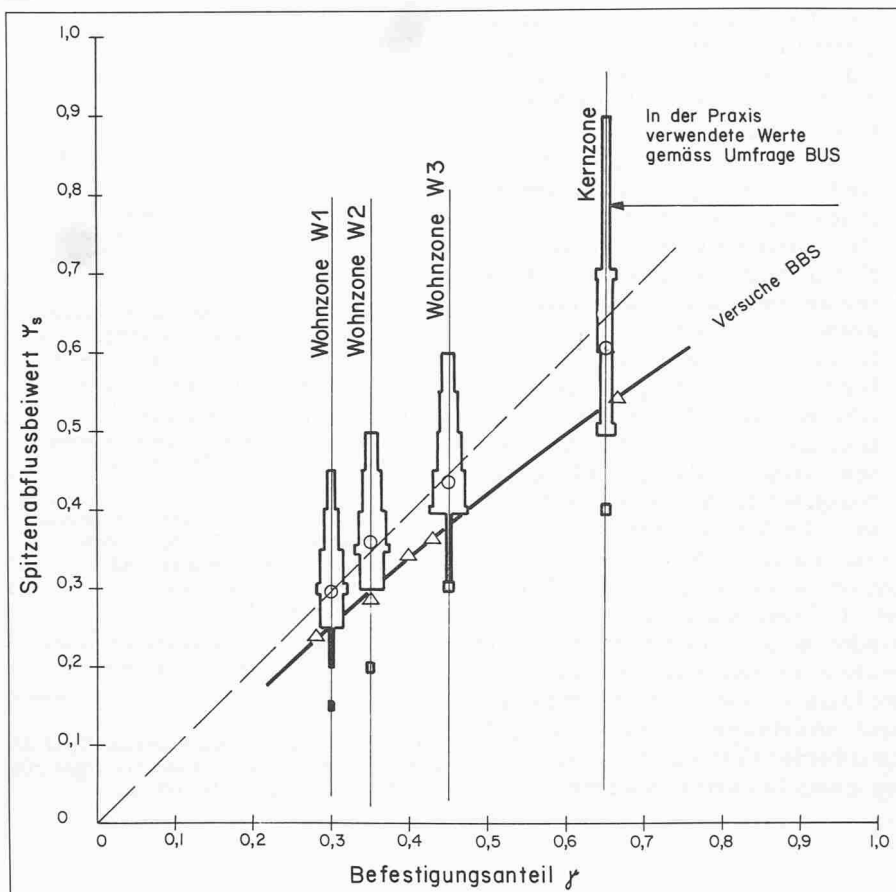


Bild 16. Spitzenabflussbeiwerte ψ_s in Abhängigkeit des Befestigungsanteils γ . Vergleich der in der Praxis verwendeten Werte mit unseren Messungen

Tabelle 4. Spitzenabflussbeiwerte für charakteristische Bauzonen

Charakterisierung der Bauzone		Typische Kennziffern			Typische Flächenanteile (%)				Spitzenabflussbeiwert ψ_s
bestehende Überbauung	Zonenvorschriften	Ausnutzungsziffer	Geschosszahl	Parkierung	Dach	Strasse	Parkplätze	Total	
freistehende EFH sehr lockere Überbauung	W1, E1, E2, WL, L	0,2	1-2	individuell	12	15	3	30	0,25
freistehende EFH dichte Überbauung	W2, E2	0,3	2	individuell	15	15	5	35	0,30
verdichtete EFH-Überbauung (Zeilen-, Atriumüberbauung)	Zone für Sonderbauvorschriften, W2	0,4	1-2	mind. teilw. kollektiv u. unterirdisch	18	17	5	40	0,35
lockere MFH-Überbauung	W2	0,4	2-3	oberirdisch u. indiv. Garagen	15	15	5	35	0,30
ziemlich dichte MFH-Überbauung	W3	0,6	3	oberirdisch u. indiv. Garagen	20	15	10	45	0,40
MFH-Gesamtüberbauung	W3, W4 Zone für SBV Zone für Gesamtüberb.	0,6-0,7	3-6	Tiefgarage	18	15	5	38	0,35
gemischte Wohn-/Gewerbezone locker überbaut	WG2, WG3	0,5-0,6	2-3	individuell	30	15	10	55	0,45
gemischte Wohn-/Gewerbezone dicht überbaut	WG2, WG3, WG4	0,6-0,7	2-4	individuell	40	15	15	70	0,60
Dorfkernzone	D	0,5	2-3	individuell	30	20	5	55	0,45
Stadtkernzone	K	bis 1,0	3-5	individuell	40	30	5	75	0,65
Sonderbauformen wie Terrassenüberb., Hochhäuser, verdicht. Flachbau	*	*	*	*	gemäss besonderer Untersuchung nach Vorschlag (A)				

(6)

$$\psi_s = 0,85 \cdot \gamma$$

Wie Bild 17 zeigt, liegen die ψ_s -Werte der untersuchten Gebiete sehr nahe auf dieser in Gleichung (6) definierten Geraden.

(c) Aufgrund der Charakterisierung der Bauzone nach Kriterien, die mit dem Befestigungsanteil in enger Be-

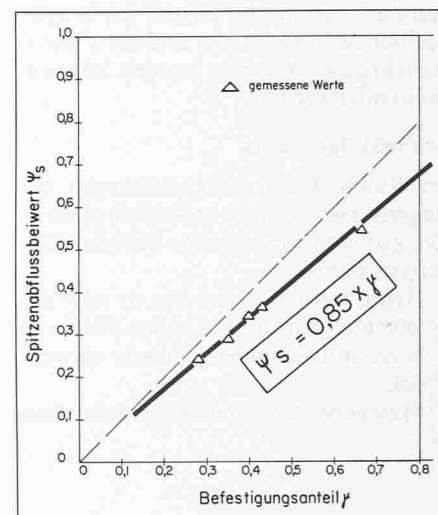


Bild 17. Diagramm zur Bestimmung des Spitzenabflussbeiwertes

ziehung stehen, kann der massgebende Spitzenabflussbeiwert der Tabelle 4 entnommen werden.

Für die Charakterisierung einer Bauzone sind neben der *Geschosszahl* die *Ausnutzungsziffer* und die *Art der Parkierung* zu untersuchen. Damit ergeben sich die bei einem Siedlungsgebiet für den Spitzenabfluss massgebenden Flächenanteile für *Dach*, *Strasse* und *Parkplätze*.

Tabelle 4 dürfte vor allem für Neubaugebiete, bei denen die einzelnen Befestigungsanteile nur auf Grund der baupolizeilichen Vorschriften und der Zonenvorschriften bestimmt werden können, verwendet werden.

Schlussfolgerungen

Im Rahmen der Untersuchungen der Regenwasserverluste in Siedlungsgebieten, konnten wir folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Heute werden in der Praxis sehr unterschiedliche und in vielen Fällen zu hohe Spitzenabflussbeiwerte verwendet.
- Massgebend für den Maximalabfluss

von Starkregen aus einem Siedlungsgebiet ist der Anteil der befestigten Flächen (Dächer, Strassen usw.) an der Gesamtfläche – bezeichnet als Befestigungsanteil γ .

- Mit Hilfe dieses Befestigungsanteils γ ergibt sich der Spitzenabflussbeiwert angenähert zu $\psi_s = 0,85 \cdot \gamma$.
- Der Spitzenabflussbeiwert kann auch als Summe der einzelnen Teilabflüsse von den befestigten Flächen ermittelt werden. Die dafür erforderlichen Grundlagen wurden erarbeitet.
- Die Charakterisierung der Bauzonen nach Kriterien, die mit dem Befestigungsanteil in enger Beziehung stehen, gestatten die Ermittlung von massgebenden Spitzenabflussbeiwerten ψ_s für Neubaugebiete.

Es ist zu hoffen, dass die Untersuchungen der Abflussvorgänge von Starkregen in Siedlungsgebieten noch vertieft werden können. Insbesondere scheint es uns wünschenswert, die Abflüsse von Steilwiesen und von Flachdächern noch eingehender zu untersuchen, da diese beiden Einzelflächen noch zu wenig untersucht werden konnten.

Literaturhinweise

- [1] Munz, W.: «Abwasser». 4. Auflage, Zürich 1975
- [2] Pecher, R.: «Der Abflussbeiwert und seine Abhängigkeit von der Regendauer». TH München, Heft Nr. 2, 1969
- [3] Keser, J.: «Folgerungen an dem Abflussverhalten befestigter Flächen für die Bemessung von Regenwasserkanälen». TU Hannover, Heft 27, 1973
- [4] Braun, H.: «Beitrag zur Beurteilung und Ermittlung von Oberflächenabflüssen auf unbebauten Siedlungsflächen». Diss. TH Braunschweig 1961 – Versuchsergebnisse
- [5] Emmett, W. W.: «The Hydraulics of Overland Flow on Hillslopes». Geological Survey, Professional Paper 662-a, Washington 1970
- [6] Marr, G.: «Systemtheoretische Ansätze zur Kanalbemessung». Berichte aus dem Institut für Wasserwirtschaft und Gesundheitsingenieurwesen, TU München, Heft Nr. 7, 1974
- [7] Munz, W.: «Abfluss und Abflussbeiwert». Gas-Wasser-Abwasser, Mai 1980

Adresse der Verfasser: P. Kaufmann und Dr. H. Ellenberger, Balzari Blaser Schudel AG, Ingenieure und Planer, Kramburgstr. 14, 3006 Bern

Gewässerschutz im Umbruch?

Von Bruno Milani, Bern

Solides Gesetz bietet Spielraum

Im Gewässerschutzgesetz fand die folgende Grundkonzeption ihren Niederschlag:

- Wir treiben nicht absoluten Gewässerschutz, sondern tun dies im Blick auf bestimmte Ziele (Trinkwasser, Fische, Erholung).
- Alle Gewässer sind schützenswert.
- Wiewohl das planerisch-technische Rüstzeug für den Normalfall festgelegt ist, (zentrale Reinigung, Gewässerschutzbereiche, Emissionsgrenzwerte) bleibt die Möglichkeit offen, in begründeten Fällen Einzelentscheide zu treffen. Immissionsgrenzwerte in Form der sog. Qualitätsziele sind dabei zu beachten.
- Die Massnahmen an der Quelle werden mit Nachdruck gefordert.
- Das Gesetz ist verständlich.

Das Volk hat nicht bloss einmal im Jahr 1953 durch einen neuen Verfassungartikel dem Gewässerschutz zugestimmt. Dieses Bekenntnis wurde seither in Hunderten von Abstimmungen bekräftigt: Auf kantonaler Ebene, in den Gemeinden und Verwaltungsräten unserer Industrie.

Das Erfolgserlebnis besteht

Es gibt einen direkten Zusammenhang zwischen der Bereitwilligkeit der Bevöl-

kerung, mit der sie den Gewässerschutz unterstützt und dem verbesserten Zustand vieler unserer Gewässer. Dieser Zusammenhang ist durch das Erfolgserlebnis des einzelnen begründet, das er als Fischer, Spaziergänger oder Schwimmer hat. Nichts gegen wissenschaftliche Darstellungen von Gewässerseranalysen, die aus mancherlei Gründen zu verhaltener Vorsicht mahnen. Doch die Freude, die der einzelne im direkten Naturerlebnis am wiedergenes-

nen Gewässer empfindet, lassen sich nicht einfach weginterpretieren.

Gewässerschutz auf dem politischen Prüfstand

Wer sich auch nur zehn oder fünfzehn Jahre zurückbesinnt, stellt fest, dass man sich damals durch ein wesentlich stärkeres Gesetz Fortschritte im Gewässerschutz versprach. Der Bund solle sich mehr engagieren, ebenso die Kantone. Eindeutig mehr Staat, hiess also die Parole. Und heute? Ist man zu weit gegangen? Muss insbesondere die Regeldichte im Gewässerschutz als

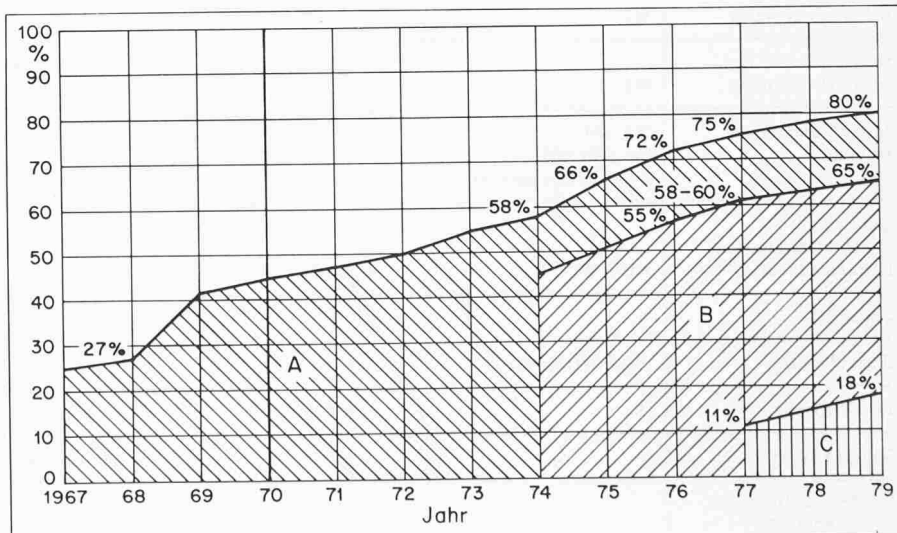


Bild 1. Einwohner (%), die an in Betrieb stehende Anlagen angeschlossen werden können (Kurve A) bzw. tatsächlich angeschlossen sind (Kurve B)