Zeitschrift: Plan : Zeitschrift für Planen, Energie, Kommunalwesen und Umwelttechnik = revue suisse d'urbanisme

Herausgeber: Schweizerische Vereinigung für Landesplanung

Band: 37 (1980)

Heft: 11

Artikel: Studien über Regenabflüsse in Siedlungsgebieten

Autor: Kaufmann, Peter

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-781974

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Studien über Regenabflüsse in Siedlungsgebieten

Von Peter Kaufmann, Ingenieur- und Planungsbüro Balzari Blaser Schudel AG, Bern.

Zusammenfassung

Im Auftrag des Bundesamtes für Umweltschutz (BUS) untersuchten wir in den vergangenen Jahren die Regenabflüsse in Siedlungsgebieten und überprüften die in der Literatur empfohlenen Spitzenabflussbeiwerte. Zur Lösung dieser Aufgabe haben wir verschiedene Oberflächenmaterialien (Beton, Ziegel usw.) künstlich beregnet und natürliche Regenereignisse an Einzelflächen (Dachflächen, Parkplatz usw.) sowie an verschiedenen Überbauungsarten (Einfamilienhausgebiet, Mehrfamilienhausgebiet usw.) untersucht.

Dabei kamen wir zu folgenden Schlussfolgerungen:

- Mit Hilfe des Spitzenabflussbeiwertes kann der Starkregenabfluss zuverlässig bestimmt werden. In vielen Fällen sind aber die heute in der Praxis verwendeten Spitzenabflussbeiwerte zu hoch.
- Der Spitzenabflussbeiwert ergibt sich angenähert zu $\psi_s = 0{,}85 \cdot \gamma$, wobei γ den Anteil der befestigten Fläche (Dächer, Strassen usw.) an der Gesamtfläche darstellt.
- Der Spitzenabflussbeiwert kann auch als Summe der einzelnen Teilabflüsse von den befestigten Flächen ermittelt werden. Die dafür erforderlichen Grundlagen wurden erarbeitet.

1. Problemstellung und Untersuchungsablauf

1.1 Problemstellung und Ziel der Untersuchung

Von der auf eine Einzugsgebietsfläche F gefallenen Regenmenge $(r \cdot F)$ gelangt nur ein Teil in der Kanalisation zum Abfluss. Der Rest des Regenwassers geht durch Oberflächenbenetzung, Muldenauffüllung, Versickerung, Verdunstung usw. verloren. Der Anteil des abfliessenden Regens wird bei der Dimensionierung nach der Fliesszeitmethode

$$Q_R = r \cdot F \cdot \psi_s \qquad (1)$$

mit dem Spitzenabflussbeiwert ψ_s ausgedrückt.

Der für die Bemessung eines Abwasserkanals massgebende Spitzenabflussbeiwert ψ_s wird aufgrund der Charakteristik des Siedlungsgebietes bestimmt. Je dichter das Gebiet überbaut ist, um so mehr abflusserzeugende Flächen sind vorhanden, das heisst um so mehr Regenwasser kommt zum Abfluss.

Dass die Regenwasserabflüsse nicht bei allen Oberflächenmaterialien gleich gross sind, ist offensichtlich. Die meisten Handbücher für Kanalisationstechnik enthalten denn auch Angaben über die für verschiedene Oberflächenbefestigungen (Ziegeldächer, Asphalt- und Betonstrassen usw.) einzusetzenden Abflussanteile. Dabei werden sehr oft ohne nähere Erläuterung grosse Wertbereiche angegeben und damit die Festlegung der Einzelwerte der individuellen Einschätzung überlassen.

Ziel unserer Studien über die Regenabflüsse in Siedlungsgebieten war daher die Ermittlung der Spitzenabflussanteile einiger ausgewählter Oberflächenmaterialien. Gelingt es nämlich, die von den einzelnen Teilflächen abfliessenden Regenanteile genauer zu bestimmen als bisher, so können die Regenabflussmengen von Siedlungsgebieten bei gleichbleibender Sicherheit gegen Überstauungen zuverlässiger bestimmt werden.

1.2 Verwendete Definitionen

Massgebend für die Bemessung eines Abwasserkanals nach der Fliesszeitmethode ist ein *Modellregen,* der während der massgebenden Regendauer – definiert als Bemessungszeit T_B (Min.) – mit einer konstanten Regenintensität niedergeht. Diese für die Bemessung massgebende Regenintensität wird im folgenden Bemessungsintensität r_B (l/s · ha) genannt. Da jeder Modellregen durch seine *Regenhöhe* vollständig definiert ist, haben wir die Spitzenabflussanteile bzw. -abflussbeiwerte in Funktion der Regenhöhe dargestellt.

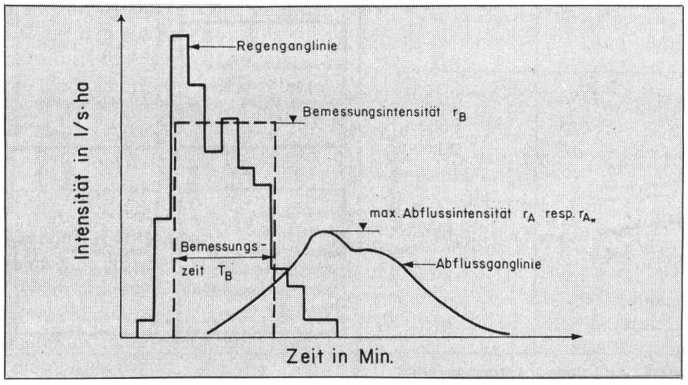

Abb. 1. Illustration der verwendeten Begriffe.

$$\text{Regenhöhe } h_B \text{ (in mm)} = \frac{r_B \cdot T_B \cdot 60}{10000} \qquad (2)$$

Für die Kanalisationsberechnung sind vorab jene Flächen von Interesse, die *sofort* zu einem *bedeutenden* Abfluss führen. Es sind dies die sogenannten *befestigten* Flächen wie zum Beispiel Strassen, Dächer, Parkplätze, die an die Kanalisation angeschlossen sind. Im Gegensatz dazu erfolgt von den *unbefestigten* Flächen wie Gärten, Wiesen, Parkanlagen kein so wesentlicher Abfluss in die Kanalisation, dass dadurch der Maximalabfluss nennenswert beeinflusst würde (Ausnahme: steiles, nicht terrassiertes Gelände mit Neigungen über 10%, wie etwa Steilwiesen, Rebberge).

Aus diesem Grunde ist bei einem Siedlungsgebiet der Anteil der befestigten Flächen an der Gesamtfläche F für die Höhe des Maximalabflusses (bzw. für den Spitzenabflussbeiwert ψ_s) von ausschlaggebender Bedeutung:

$$\text{Befestigungsanteil } \gamma = \frac{\text{Anteil befestigte Flächen}}{\text{Gesamtfläche}} \qquad (3)$$

Obwohl sich die befestigten Flächen bezüglich Abflussverhalten sehr stark von den unbefestigten unterscheiden, sind sie doch unter sich nicht als gleich zu betrachten. Die einzelnen Materialien unterscheiden sich bezüglich Wasseraufnahme und Oberflächenebenheit (Mulden) sehr stark.

Wir definieren deshalb für *einzelne befestigte* Flächen – wie zum Beispiel ein einzelnes Ziegeldach oder einen Parkplatz – das Verhältnis von Abflussspitze zur Regenspitze als Spitzenabflussanteil α_s.

$$\text{Spitzenabflussanteil } \alpha_s = \frac{\text{max. Abflussintensität } r_A{}^* \text{ (l/s} \cdot \text{ha}_{\text{befestigt}})}{\text{Bemessungsintensität } r_B \text{ (l/s} \cdot \text{ha)}} \qquad (4)$$

Die Abbildung 1 soll diese Definition für α_s noch etwas verdeutlichen.

Analog zur Formel (4) gilt für den Spitzenabflussbeiwert ψ_s, der in der Dimensionierungsformel (1) eingesetzt wird, die Definition:

$$\text{Spitzenabflussbeiwert } \psi_s = \frac{\text{max. Abflussintensität } r_A \text{ (l/s} \cdot \text{ha}_{\text{eff}})}{\text{Bemessungsintensität } r_B \text{ (l/s} \cdot \text{ha)}} \qquad (5)$$

Der Spitzenabflussbeiwert ψ_s stellt also das Verhältnis von maximaler Abflussintensität zu mittlerer Regenintensität während der Bemessungszeit dar, das heisst den einem Starkregen zuzuordnenden, sofort abfliessenden Oberflächenabfluss.

Bezeichnet man mit $\gamma_1, \gamma_2, \ldots, \gamma_m$ die prozentualen Anteile der m befestigten Einzelflächenarten eines Siedlungsgebietes an der Gesamtfläche dieses Gebietes und die zugehörigen Spitzenabflussanteile mit $\alpha_{s1}, \alpha_{s2}, \ldots, \alpha_{sm}$, so lässt sich der *Spitzenabflussbeiwert* ψ_s dieses Gebietes nach der folgenden Gleichung, die auch bisher etwa verwendet wurde, berechnen:

$$\psi_s = \sum_{i=1}^{m} \gamma_i \cdot \alpha_{s_i} \qquad (6)$$

1.3 Untersuchungsablauf
Zur Lösung der in Abschnitt 1.1 formulierten Aufgabenstellung wurde in Zusammenarbeit mit dem BUS folgender Untersuchungsablauf festgelegt. (Siehe Abb. 2.)

Mit den einzelnen Untersuchungsphasen ① bis ④ sollten folgende Zwischenziele erreicht werden:

① Untersuchung der Wasseraufnahme- bzw. -abgabefähigkeit verschiedener Baustoffe, um Vorstellungen über die Grössenordnung und den zeitlichen Verlauf dieser Prozesse zu erhalten.

② Analyse des Abflussverhaltens verschiedener Materialien unter Laborbedingungen zur Bestimmung der Einflussfaktoren auf Spitzenabflussanteil und Verluste.

③ Prüfen, ob sich die unter Laborbedingungen beobachteten Ergebnisse auch im Freien bei beliebigem Regenverlauf einstellen würden.
④ Verifizieren der in Phase ③ erhaltenen Spitzenabflussanteile an verschiedenen Überbauungsarten.

2. Laborversuche
2.1 Die Wasseraufnahme und -abgabe von Oberflächenmaterialien
Wegen der weitverbreiteten Ansicht, 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 Wasseraufnahme- und Wasserabgabefähigkeit solcher Oberflächenbefestigungen zu finden. Aus diesem Grunde haben wir mit kleinen Materialstücken aus Asphaltbeton, Beton, Ziegel und Eternit Beregnungsversuche durchgeführt, um genauere Informationen über die Wasseraufnahme und den Trocknungsprozess bei solchen Baustoffen zu erhalten.

Wasseraufnahme bei Dauerberegnung
Die Wasseraufnahmefähigkeit schwankt je nach Materialart, oft aber auch beim selben Baustoff je nach dessen Alter und Verarbeitungsqualität beträchtlich. Innerhalb der ersten 10 Minuten nach Regenbeginn konnten wir Werte zwischen 0,10 l/m² (Eternit) und 3,10 l/m² (neuer, ungebrauchter Flachziegel) registrieren. Die meisten Materialien nahmen die Hälfte oder mehr der gesamten Wassermenge, die sie aufnehmen können, innerhalb dieser ersten 10 Minuten auf.
Die totale Wasseraufnahmekapazität variierte bei den untersuchten Materialien zwischen 0,20 (Eternit) und 5,50 (alter, ca. 40jähriger Ziegel) l/m². Damit wurden Werte gemessen, wie sie in diesem Ausmass wohl kaum erwartet werden konnten. (Siehe Abb. 3 und 4.)

Wasserabgabe
Der Trocknungsprozess bei *Zimmertemperatur* zeigte sich als kaum materialabhängig und verlief äusserst langsam. Etwas rascher trocknen die Materialien bei Sonnenbestrahlung, auch bestehen hier deutliche materialspezifische Unterschiede. Es ist aber doch bemerkenswert, dass beispielsweise ein neunstündiger Sonnentag nicht ausreicht, um ein Ziegeldach oder eine gut verdichtete Betonplatte, die während einer Stunde intensiv beregnet wurden, vollständig auszutrocknen. (Siehe Abb. 5 und 6.)

2.2 Beregnungsversuche
Hauptziel der Beregnungsversuche war die Analyse des Abflussverhaltens der Oberflächenmaterialien unter verschiedenen Bedingungen. Zu diesem Zweck haben wir auf einer Versuchsanlage von 3,3 m² Beregnungsfläche die Faktoren
– Vorbefeuchtung
– Neigung der Versuchsfläche
– Beregnungsintensität
planmässig untersucht.

Die Ergebnisse zeigen sehr deutlich das enge, interaktive Zusammenwirken der drei untersuchten Parameter. Es erwies sich demzufolge als ausserordentlich schwierig, den Einfluss der einzelnen Faktoren auf die Verluste bzw. den Spitzenabflussanteil *isoliert* herauszuarbeiten. Trotzdem konnten einige sehr wichtige Erkenntnisse gewonnen werden. (Siehe Abb. 7.)

Vorbefeuchtung
Der Einfluss der Vorbefeuchtung ist nicht bei allen Materialien gleich gross. Am deutlichsten ist er beim Asphaltbeton und beim Ziegel zu erkennen, wo bei benetzter Oberfläche wesentlich geringere Verluste auftreten. Bei Beton und Eternit war kein Einfluss feststellbar. Die unerwartet grosse Differenz beim Asphaltbeton ist auf die schlechte Materialqualität zurückzuführen.

Neigung der Versuchsfläche
Der Einfluss der Flächenneigung auf den Abflussanteil ist nicht derart ausgeprägt und eindeutig wie derjenige der Vorbefeuchtung. Am stärksten wirkte sich die Vergrösserung des Neigungswinkels wiederum beim Asphaltbeton aus. Da die Versuchsplatte weder Mulden noch grobe Unebenheiten aufwies, muss vermutet werden, dass auch hier die relativ schlechte Materialqualität eine Rolle spielte.

Beregnungsintensität
Auch hier ist kein eindeutiger Einfluss erkennbar. Das Bild zeigt sowohl steigende wie auch gleichbleibende und fallende Kurven. (Siehe Abb. 8.)

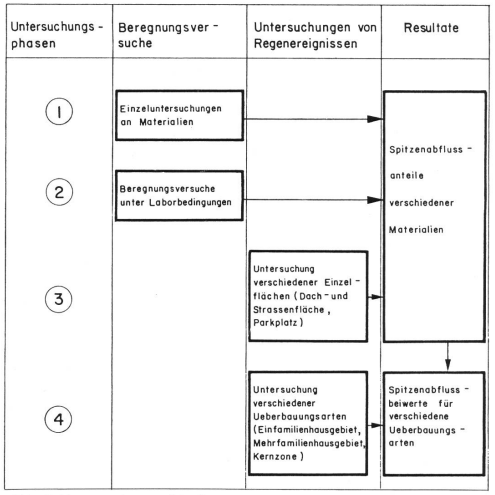

Abb. 2. Untersuchungsablauf.

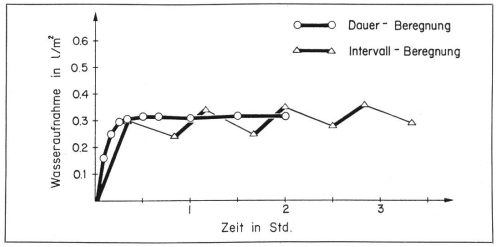

Abb. 3. Material: Asphaltbeton. Wasseraufnahme bei Dauer- und Intervall-Beregnung.

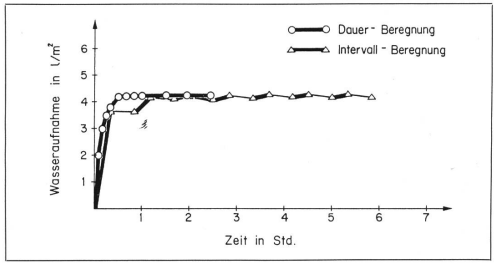

Abb. 4. Material: Ziegel neu. Wasseraufnahme bei Dauer- und Intervall-Beregnung.

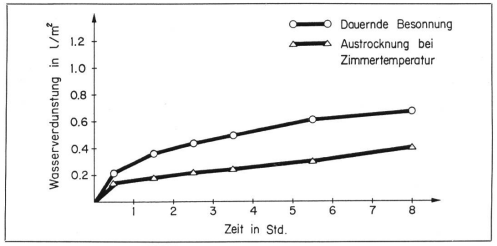

Abb. 5. Material: hochwertiger Beton. Wasserabgabe bei dauernder Besonnung und bei Zimmertemperatur.

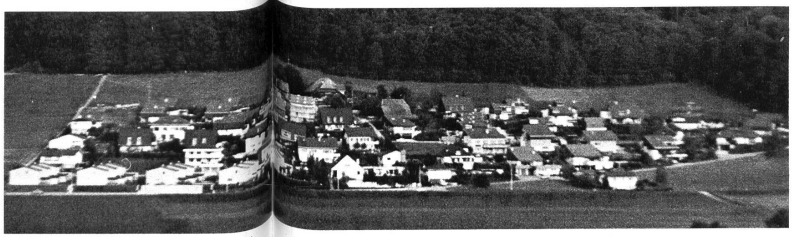
Abb. 16. Einfamilienhausgebiet Riedli.

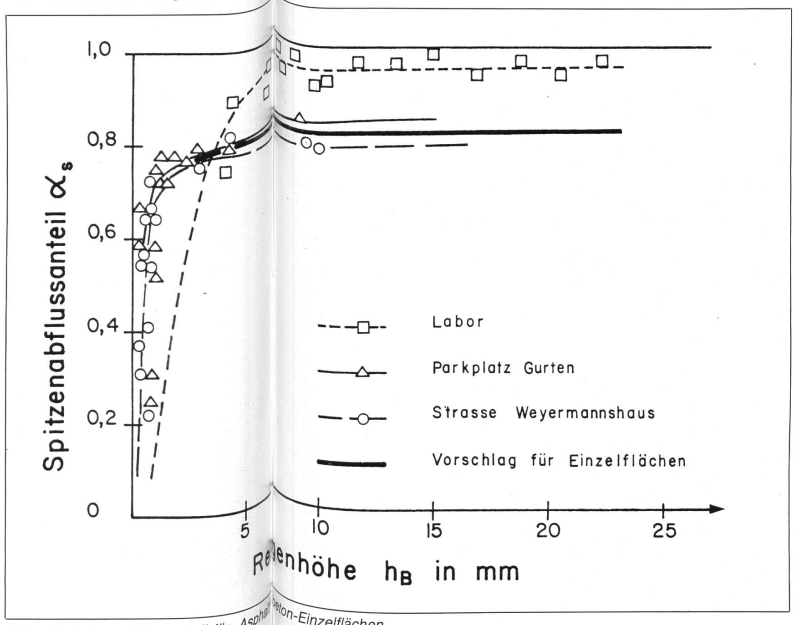

Abb. 11. Spitzenabflussanteil für Asphalt- und Beton-Einzelflächen.

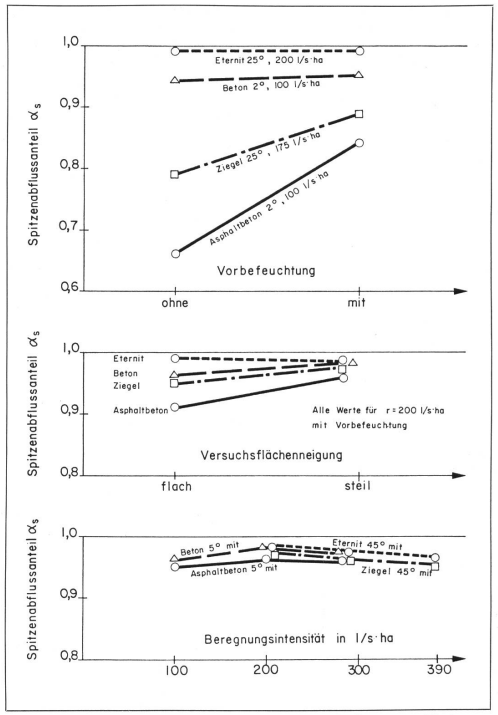

Abb. 8. Beregnungsversuche im Labor: Einfluss der Parameter Vorbefeuchtung, Versuchsflächenreinigung, Regenintensität auf den Spitzenabflussanteil α_s.

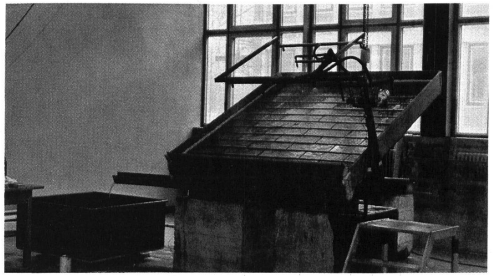
Abb. 7. Blick auf die Versuchsanlage.

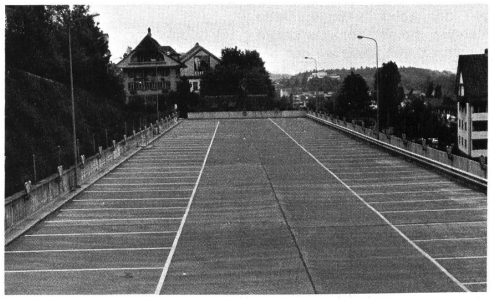
Abb. 9. Einzelfläche Parkplatz Gurten.

3. Untersuchungen 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 haben wir auf vier Einzelflächen im Freien Regen- und Abflussmessgeräte installiert und die Regenereignisse ausgewertet.

Wie erwartet, stellten wir auf den Einzelflächen höhere Verluste fest als im Labor infolge von Muldenauffüllungen, Versickerungen in Fugen, Verwehen usw. Die massgebende Regenintensität entsprach bei den Beregnugnsversuchen der pro Versuch als konstant gewählten Beregnungsintensität. Bei den Regen von den Einzelflächen musste zuerst aus den Pluviographenkurven die maximal auftretende Regenhöhe innerhalb der Bemessungszeit von 5 Minuten abgelesen und daraus die Bemessungsintensität berechnet werden.

3.1 Asphaltbetonflächen

Da Asphaltbeton der meistverwendete Strassenbelag ist, haben wir zwei Einzelflächen mit diesem Material getestet.

Bei der Einzelfläche *Parkplatz Gurten* handelt es sich um eine rechteckige Parkplatzfläche von 1695 m² Grösse. Der Parkplatz weist ein Quergefälle von 2% auf und ist relativ eben, doch hat der Platz auch einzelne Mulden, in denen Regenwasser zurückgehalten wird. (Siehe Abb. 9.)

Die zweite Testfläche *Weyermannshaus* ist eine Strassenfläche von 1406 m² Grösse und ca. 80 m Länge. Die Strasse hat ein gleichmässiges Längs- und Quergefälle von ca. 2%. (Siehe Abb. 10.)

Bei beiden Einzelflächen konnten wir für den Fall mit Vorbefeuchtung eindeutige Kurven ermitteln, deren α_s-Mittelwert für 5 bis 20 mm Regenhöhe auf einem Wert von ca. 0,80 praktisch konstant bleibt. Sehr deutlich unterscheiden sich die Ergebnisse der Einzelflächen von den Laborresultaten. Diese Mehrverluste sind vor allem darauf zurückzuführen, dass auf den natürlichen Flächen Wasser in Mulden und Unebenheiten zurückgehalten wird und nicht in den Abfluss kommt. Zusätzlich ergeben sich bei grösseren Regenhöhen noch weitere, nur schwer erfassbare Verluste, wie zum Beispiel Abflüsse in unbefestigte Flächen. Rückstauungen bei den Wassereinläufen und in den Ablaufrohren führen zu einer weiteren Reduktion der Abflussspitze und damit zu einer Verringerung des Spitzenabflussanteiles α_s. (Siehe Abb. 11.)

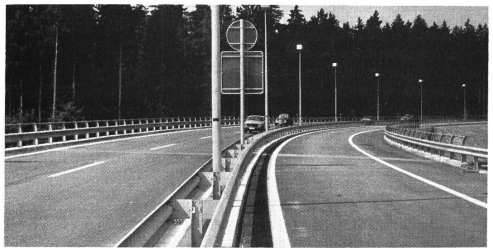

Abb. 10. Einzelfläche Strasse Weyermannshaus.

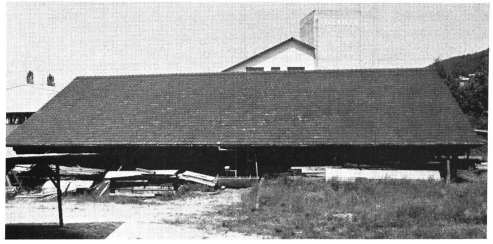

Abb. 12. Einzelfläche Ziegeldach Gümligen.

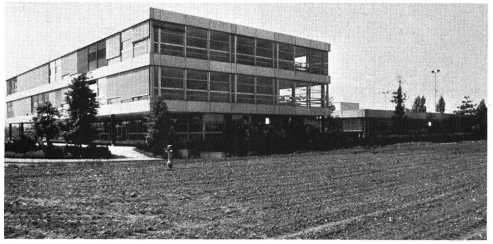

Abb. 14. Einzelfläche Kiesklebedach Altikofen.

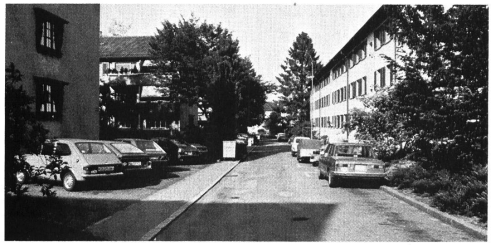

Abb. 18. Versuchsgebiet Heuried.

Abb. 21. Versuchsgebiet Länggasse Bern.

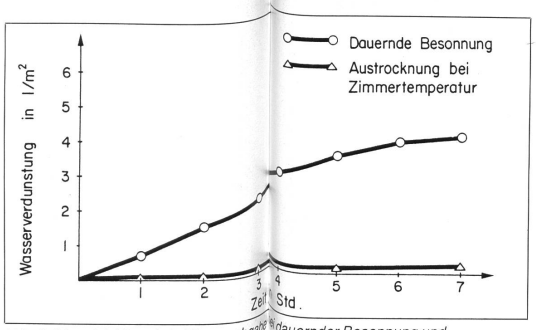

Abb. 6. Material: Ziegel alt. Wasserabgabe bei dauernder Besonnung und bei Zimmertemperatur.

3.2 Ziegelflächen

Bei der Einzelflächenuntersuchung *Ziegeldach Gümligen* konnten wir eine Dachfläche von 360 m² Grösse und einer Neigung von 20° untersuchen. (Siehe Abb. 12.)

Interessant ist, dass die Spitzenabflussanteile der Einzelfläche Gümligen markant niedriger sind als bei den Laborversuchen mit Vorbefeuchtung. Dies erklärt sich einerseits in der unterschiedlichen Materialqualität – beim Ziegeldach Gümligen handelt es sich um ältere Ziegel, deren Wasseraufnahmevermögen gegenüber den Laborziegeln etwas grösser ist – anderseits sind auch bei einer Dachfläche im Freien Mehrverluste gegenüber Laborberegnungen infolge Verwehungen, Abspritzen, Speicherungen in den Ablaufleitungen usw. festzustellen. Sehr anschaulich zeigt *Abbildung 13* auch den Einfluss der Vorbefeuchtung auf α_s bei neuen Ziegeln im Beregnungsversuch.

3.3 Kiesklebedach

Bei der Einzelfläche *Kiesklebedach Altikofen* handelt es sich um zwei grosse Kiesklebedächer von 3266 m² Grösse einer Schulanlage. Die Kiesklebedächer weisen den üblichen Aufbau auf: Die verklebten Dachpappen sind mit einer Sandschicht und darüber mit einer groben Kiesschicht abgedeckt. (Siehe Abb. 14.)

Wie die Resultate zeigen, unterscheidet sich ein Kiesklebedach sehr deutlich von den übrigen Dachflächen. Verantwortlich für die extrem kleinen Spitzenabflussanteile ist das hohe Wasserretentionsvermögen dieser Dächer. Da wir während der ganzen Messperiode keine eigentlichen Starkregen registrieren konnten, kann aus den Resultaten keine eindeutige Abhängigkeit für α_s bestimmt werden. In Analogie zu den übrigen Kurven haben wir die in *Abbildung 15* gestrichelt eingezeichnete Abhängigkeit festgelegt. Sie soll einen Maximalwert darstellen.

4. Untersuchungen von Regenereignissen an verschiedenen Überbauungsarten

Um zu prüfen, ob die mit Hilfe der Einzelflächenversuche gefundenen α_s-Werte in der Praxis auch zu brauchbaren ψ_s-Werten führen, wurden an 5 Überbauungsarten Regen- und Abflussereignisse ausgewertet. Aufgrund der Messresultate wurden die effektiven ψ_s-Werte bestimmt (sog. gemessene Werte), und diese konnten dann mit den erwarteten ψ_s-Werten (sogenannten berechneten Werten, gemäss Formel (6) verglichen werden.

4.1 Einfamilienhausgebiet

Das *Einfamilienhausgebiet Riedli* ist ein relativ dicht überbautes Gebiet von 4,3 ha Gesamtfläche und einem mittleren Geländegefälle von ca. 16%. Die befestigten Flächen bestehen hauptsächlich aus Asphaltbeton und Eternit. (Siehe Abb. 16.)

Die ausgewerteten Regenereignisse weisen infolge der topographischen Lage des Gebietes generell kleine Regenhöhe bzw. -intensitäten auf. Die sich daraus ergebenden Spitzenabflussbeiwerte liegen zwischen 0,13 und 0,25. Der rechnerisch ermittelte massgebende Spitzenabflussbeiwert für einen 5jährigen Bemessungsregen beträgt ψ_s = 0,30. (Siehe Abb. 17.)

4.2 Mehrfamilienhausgebiete

Von dieser Überbauungsart konnten wir zwei typische Gebiete untersuchen.

Mehrfamilienhausgebiet Heuried

Das Versuchsgebiet Heuried ist ein sehr dicht überbautes Mehrfamilienhausgebiet aus den dreissiger Jahren. Die Gesamtfläche des untersuchten Gebietes beträgt ca. 1,4 ha, wobei der Anteil der befestigten Fläche an der Gesamtfläche 43% beträgt. (Siehe Abb. 18.)

Zwischen den gemessenen und den gerechneten Werten konnte eine gute Übereinstimmung festgestellt werden. Die untersuchten Regen ergaben bei einer massgebenden Bemessungszeit von 6 Minuten Spitzenabflussbeiwerte ψ_s zwischen 0,20 und 0,36. Der rechnerisch ermittelte Spitzenabflussbeiwert liegt bei ψ_s = 0,37. (Siehe Abb. 19.)

Mehrfamilienhausgebiet Küngenmatt

Das Mehrfamilienhausgebiet Küngenmatt liegt unmittelbar neben dem Gebiet Heuried und weist eine ähnliche Blocküberbauungsart auf. Wiederum sind bei den befestigten Flächen die Materialien Asphaltbeton und Ziegel am meisten vertreten. Der Befestigungsanteil liegt bei ca. 40%. Auch hier konnte eine gute Übereinstimmung zwischen den gemessenen und den gerechneten Werten festgestellt werden. Die sich für eine Bemessungszeit von 6 Minuten ergebenden gemessenen Spitzenabflussbeiwerte liegen im Bereich von ψ_s = 0,19 bis 0,35. Der rechnerisch ermittelte Spitzenabflussbeiwert ergibt einen massgebenden Wert von ψ_s = 0,35. (Siehe Abb. 20.)

4.3 Wohn- und Gewerbegebiet Länggasse

Das Versuchsgebiet Länggasse ist eine typische Stadtkernzone mit Wohn- und Gewerbebauten. Das Gebiet ist vollständig überbaut mit meist 6geschossigen Wohn- oder Industriebauten. Im weiteren besteht das Gebiet aus Hinterhöfen, Parkplätzen, Plätzen, einer kleinen Grünanlage und kleinen Vorgärten. (Siehe Abb. 21.)

Die Gesamtfläche des Versuchsgebietes beträgt ca. 8,4 ha und hat einen Befestigungsanteil von 66%. Auch hier stimmen die gerechneten und gemessenen Spitzenabflussbeiwerte ψ_s sehr gut überein, wobei sich der für dieses Gebiet massgebende Spitzenabflussbeiwert zu ψ_s = 0,53 ergibt. (Siehe Abb. 22.)

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die geringen Abweichungen zwischen gemessenen und gerechneten Spitzenabflussbeiwerten die Brauchbarkeit der vorgeschlagenen Methode zur Bestimmung des Spitzenabflussbeiwertes bestätigen. Es stellt sich heraus, dass die zeitliche Verschiebung der Abflussspitzen von untergeordneter Bedeutung ist und die Superposition gemäss Gleichung (6) zulässig ist.

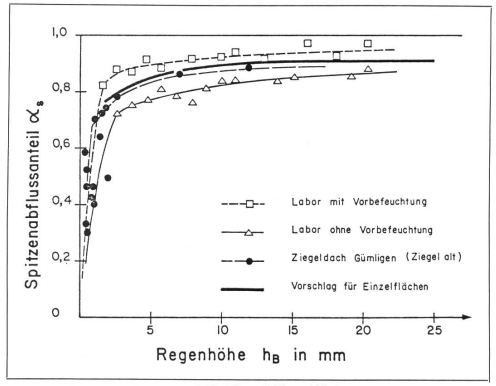

Abb. 13. Spitzenabflussanteil für Ziegel-Einzelflächen.

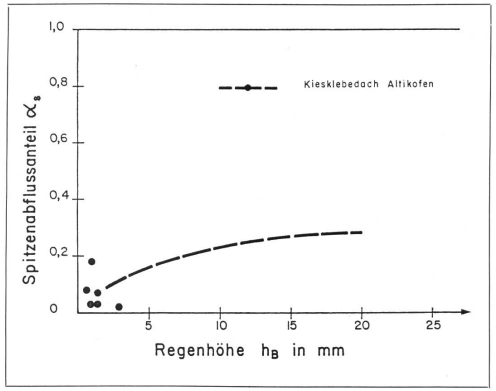

Abb. 15. Spitzenabflussanteil für Kiesklebedach-Einzelflächen.

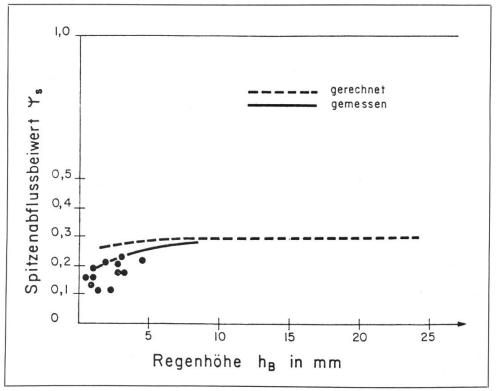

Abb. 17. Einfamilienhausgebiet Riedli: gemessene und gerechnete Spitzenabflussbeiwerte.

5. Schlussfolgerungen für den praktisch tätigen Ingenieur

5.1 Ergebnisse aus den Laborversuchen

Die Ergebnisse der Beregnungsversuche zeigen deutlich, dass nicht nur bei unbefestigten, sondern auch bei befestigten Flächen mit einer zum Teil sehr bemerkenswerten Versickerung gerechnet werden kann. So nimmt eine schlecht verdichtete Betonplatte

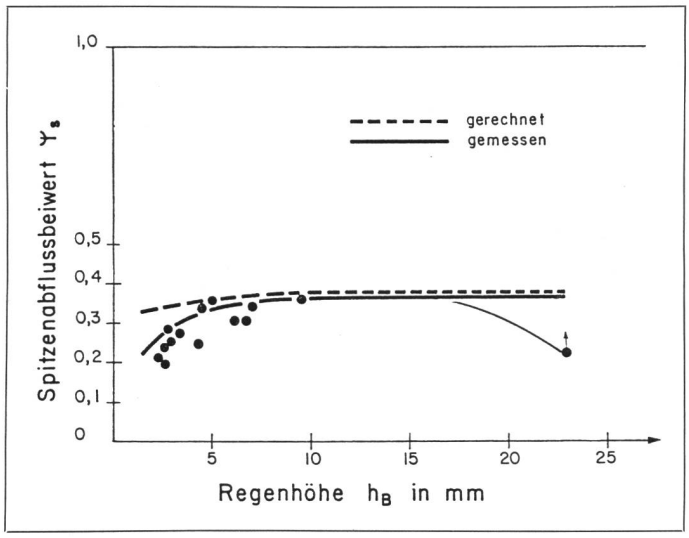

Abb. 19. Mehrfamilienhausgebiet Heuried: gemessene und gerechnete Spitzenabflussbeiwerte.

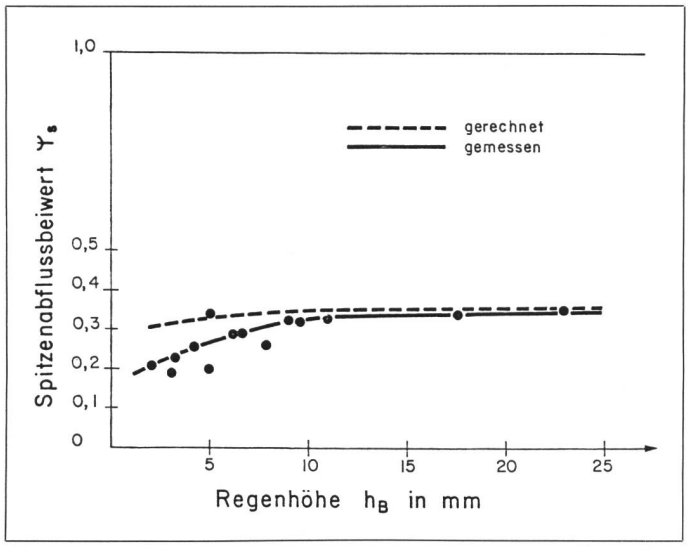

Abb. 20. Mehrfamilienhausgebiet Küngelmatt: gemessene und gerechnete Spitzenabflussbeiwerte.

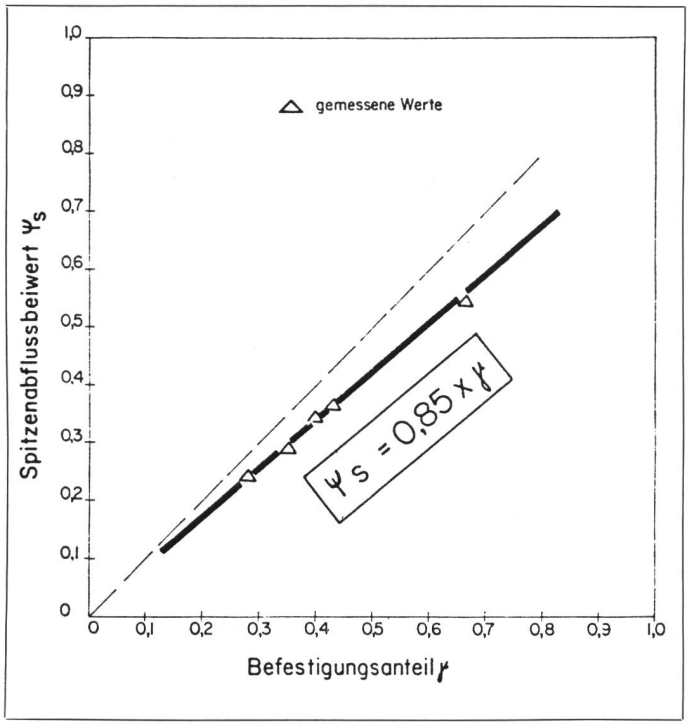

Abb. 24. Diagramm zur Bestimmung des Spitzenabflussbeiwertes.

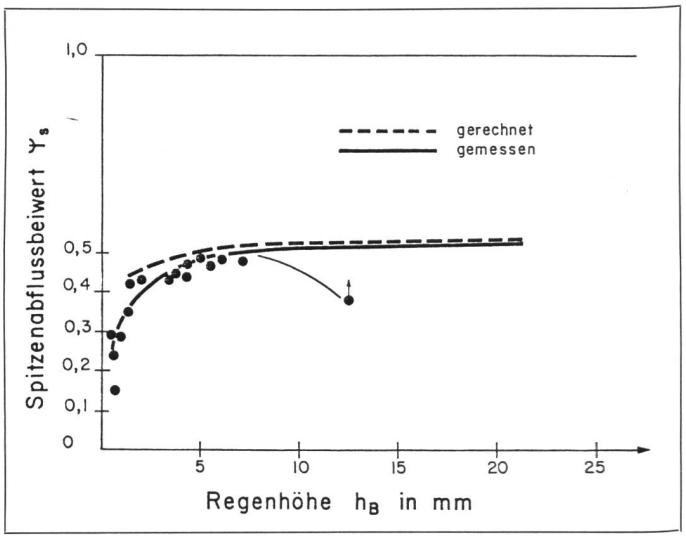

Abb. 22. Wohn- und Gewerbegebiet Länggasse: gemessene und gerechnete Spitzenabflussbeiwerte.

während 2 Std. zirka 4 l/m² Wasser auf und ein alter Flachziegel sogar 5,5 l/m² in ca. 1,5 Std.
Massgebend für die Grösse der Versickerung ist die Qualität der Oberflächenbefestigung.
Eine wichtige Einflussgrösse ist ebenfalls die Vorbefeuchtung. Da bei der Bemessung von Kanalisationen die bei gegebener Regenintensität und Regendauer grösstmögliche Abflussintensität interessiert, bedeutet dies, dass bei der Bestimmung der anzuwendenden Spitzenabflussanteile von vorbefeuchteten Oberflächen ausgegangen werden muss, weil dies den ungünstigeren Fall darstellt.
Dagegen haben die Neigung der Versuchsfläche und die Beregnungsintensität einen geringen Einfluss auf die Regenverluste.

5.2 Ergebnisse aus den Untersuchungen von Einzelflächen
Für die am häufigsten vorkommenden Oberflächenmaterialien konnten die Spitzenabflussanteile α_s (Verhältnis von maximaler Abflussintensität zu Bemessungsintensität) durch Versuche bestimmt werden. (Siehe Abb. 23.)

Für weitere Einzelflächen, wie zum Beispiel Pflästerung, Blechdach, haben wir in Tabelle 25 ebenfalls Werte aufgrund von Literaturstudium und Abflussbetrachtungen eingesetzt. Die gemessenen Werte sind im üblichen Dimensionierungsbereich von 10–20 mm Regenhöhe praktisch *konstant*, so dass für die Anwendung in der Praxis pro Material ein Wert abgegeben werden kann.

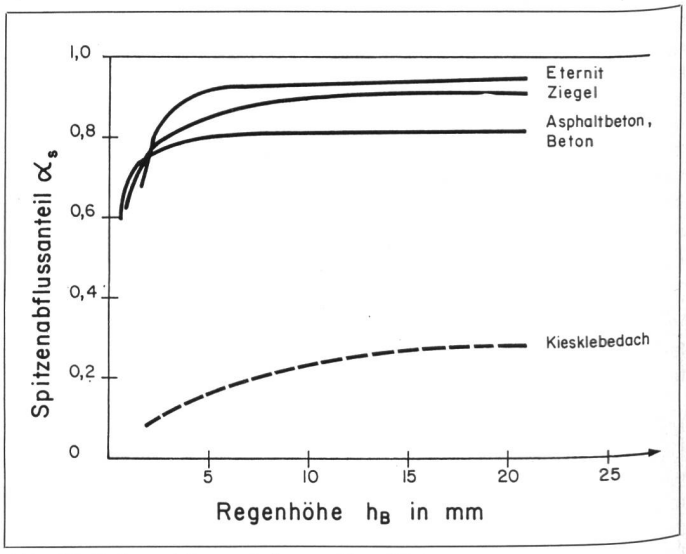

Abb. 23. Spitzenabflussanteile von Einzelflächen.

	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

Abb. 25.

◀ *Abb. 25. Spitzenabflussanteile von Einzelflächen.*

5.3 Empfehlungen für die Bestimmung des Spitzenabflussbeiwertes

Die Untersuchungen der Regenverluste in Siedlungsgebieten zeigen, dass mit Hilfe des Spitzenabflussbeiwertes der Abfluss von Gewitterregen zuverlässig bestimmt werden kann. Die heute in der Praxis verwendeten Spitzenabflussbeiwerte sind aber in vielen Fällen zu hoch.

Für die Bestimmung des Spitzenabflussbeiwertes ψ_s ist der Befestigungsanteil γ, das heisst, der Anteil der befestigten Fläche (z. B. Dächer, Strassen) an der Gesamtfläche, der massgebende Parameter.

Ist die Grösse der befestigten Flächenarten eines Siedlungsgebietes bekannt, so kann der Spitzenabflussbeiwert ψ_s eines Gebietes als Summe der einzelnen Teilabflüsse von den befestigten Flächen mit Hilfe der Gleichung

$$\psi_s = \sum_{i=1}^{m} \gamma_i \cdot \alpha_{s_i} \qquad (6)$$

zuverlässig berechnet werden. Dabei bezeichnen $\gamma_1, \gamma_2 \ldots \alpha_m$ die prozentualen Anteile der m befestigten Flächenarten an der Gesamtfläche und $\alpha_{s_1}, \alpha_{s_2} \ldots$ die zugehörigen Spitzenabflussanteile.

Da die α_s-Werte für die Projektierung als *konstant* angenommen werden können, gilt dies sinngemäss auch für ψ_s.

Aufgrund des gesamten Befestigungsanteils γ als Summe der Befestigungsanteile γ_1 bis γ_m ergibt sich der Spitzenabflussbeiwert für ein Siedlungsgebiet auch angenähert zu

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

Die ψ_s-Werte der untersuchten Überbauungsarten liegen sehr nahe auf dieser Geraden. (Siehe Abb. 24.)

Für Neubaugebiete kann der massgebende Spitzenabflussbeiwert ψ_s aufgrund der Charakterisierung der Bauzonen nach Kriterien, die mit dem Befestigungsanteil γ in enger Beziehung stehen, der nebenstehenden Tabelle 26 entnommen werden.

Charakterisierung der Bauzone alt: bestehende Ueberbauung	neu: Zonenvorschriften	Typische Kennziffern: Ausnützungsziffer	Geschosszahl	Parkierung	Typische Flächenanteile (%): Dach	Strasse	Parkplätze	Total	Spitzenabflussbeiwert ψ_s
freistehende EFH sehr lockere Ueberbauung	W1, E1, E2, WL, L	0.2	1 - 2	individuell	12	15	3	30	0.25
freistehende EFH dichte Ueberbauung	W2, E2	0.3	2	individuell	15	15	5	35	0.30
verdichtete EFH-Ueberbauung (Zeilen-, Atriumüberbauung)	Zone für Sonderbauvorschriften, W2	0.4	1 - 2	mind. teilw. kollektiv u. unterird.	18	17	5	40	0.35
lockere MFH-Ueberbauung	W2	0.4	2 - 3	oberirdisch u. indiv. Garagen	15	15	5	35	0.30
ziemlich dichte MFH-Ueberbauung	W3	0.6	3	oberirdisch u. indiv. Garagen	20	15	10	45	0.40
MFH-Gesamtüberbauung	W3, W4 Zone für SBV Zone für Gesamtüb.	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, verd. Flachbau	*	*	*	*	gemäss besonderer Untersuchung nach Vorschlag (A)				

Abb. 26.

Vogt-Schild-Tischkalender 1981

2 Monate stets vor Augen!

Für Tisch und Pult, im Büro oder zu Hause. Breite 9,5 cm, Höhe 13 cm, Tiefe 9 cm

Verkaufspreise

Anzahl	1	25	50
Fr./Stück	3.90	3.70	3.55

Werbeaufdruck (ab 100 Stück)
Fläche für Druck: 9×1,5 cm

Verkaufspreise für Werbeeindruck

Anzahl	100	500	1000
Fr.	75.–	95.–	120.–

Bestellcoupon

Wir bestellen ____ VS-Tischkalender 1981

☐ ohne Werbeeindruck

☐ mit Werbeeindruck

Name

Beruf

Adresse

Datum

Unterschrift

Bitte ausschneiden und einsenden an Vogt-Schild AG, Kalenderverlag, Postfach, CH-4501 Solothurn.

401.1