

Zeitschrift:	Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber:	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band:	123/124 (1944)
Heft:	19
Artikel:	Auswertung von 30-jährigen Aufzeichnungen der Regenmesstation der Meteorolog. Zentralanstalt
Autor:	Kropf, A.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-53948

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: 17.01.2026

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

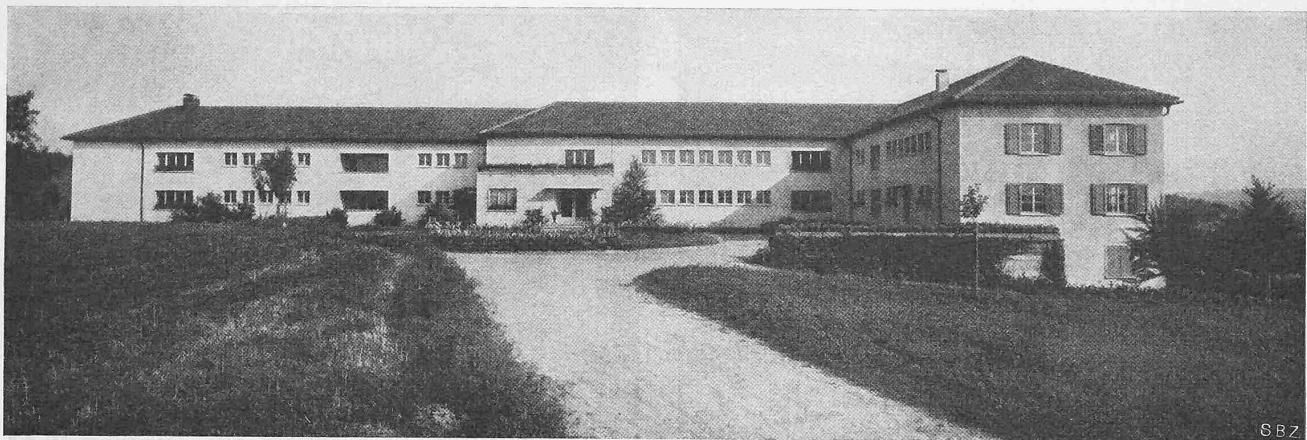


Abb. 2. Das Bürgerheim Uster aus Nordwesten (Haupteingang). Architekt KARL BACHOFNER, Effretikon und Uster

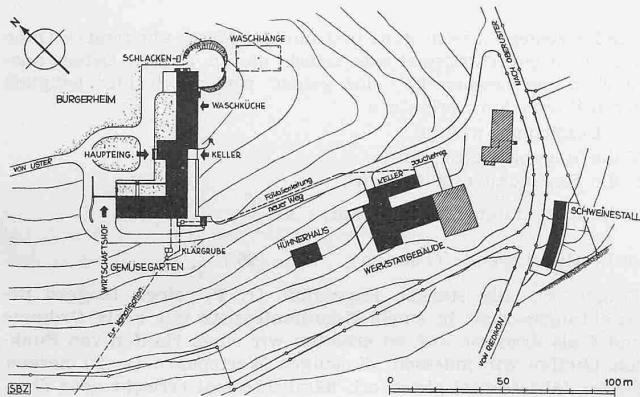


Abb. 1. Lageplan. — Masstab 1:3000

sie von den exakten Naturwissenschaften erarbeitet werden. Natürlich sind gerade auf dem Gebiete der Metallplastizität, wo geringe, mit empfindlichsten Bestimmungsverfahren kaum erfassbare Beimengungen das Verhalten der Versuchsstoffe stark zu ändern vermögen, grosse Schwierigkeiten zu überwinden.

Gleich wie die physikalische Chemie als ordnendes Prinzip der Legierungskunde Zustandschaubilder von Zwei- und Mehrstoffsystemen geliefert hat, so schwebt dem Urheber dieser Gedanken, F. Körber, in «Stahl und Eisen» Bd. 64 (1944) No. 8, ein gleichwertiges Schema zur Erfassung der Verformungsvorgänge in den Metallen vor. Es wären folgende grundsätzliche Fragen zu lösen: Wieweit vermag die Mechanik die Erscheinungen beim Übergang aus den elastischen Bereichen (Elastizitäts- und Fließgrenze) zu deuten? Können bei den Verformungen die thermodynamischen Potentialfunktionen angewandt werden, oder müssen noch Gravitation, elektro-magnetische und chemische Potentiale beachtet werden? Kann man im Ablauf der Verformung, wo es sich um Bewegungszustände von Massenteilchen und innere Kräfte handelt, die alten Zustandsgrößen Temperatur, Druck, Wärmeinhalt, spez. Wärme, Leitfähigkeit usw. anwenden? Können die Gebrauchseigenschaften der metallischen Werkstoffe

aus den Eigenschaften der Einzelkristalle abgeleitet werden? Können die durchsichtigen Salzkristalle als Modellkörper dienen?

Für die Praxis der Umformungsvorgänge handelt es sich um die Erforschung der zweckmäßigsten Führung (Kalt- und Warmverformung) und die Ermittlung des Kraft- und Energiebedarfes, insbesondere auch der einzulegenden Wärmebehandlungen. Die Bestimmung der Fließgrenze, die für viele technische Verwendungszwecke einen Gefahrenpunkt bedeutet, ist wichtig für die Beurteilung der technisch zulässigen Beanspruchungen. Die Erschöpfung des Formveränderungsvermögens kennzeichnet die Bruchgefahr. Zähe und spröde Werkstoffe sind zu unterscheiden, ebenso die Auswirkung mehraxialer Spannungszustände. Die Ausnutzung der Festigkeitseigenschaften unter den steigenden Beanspruchungen des Leichtbaues, im Motoren- und Flugzeugbau, bei Waffen und andern Kriegsgerät forderte Massgrößen, die im Sinne exakter Wissenschaft eindeutig und einwandfrei definiert sind. Der Temperatureinfluss auf Fließ- und Bruchgrenze, auf die Kriechvorgänge, die Versprödung ist von besonderer Wichtigkeit, ebenso das Verhalten bei Stoss- und Schlagbeanspruchung, als Sonderfall z. B. das Beschussverhalten und schliesslich das grosse Gebiet der Oberflächenbehandlung. Wie man sieht, stellt auch die Metallkunde noch riesige Forschungsaufgaben.

Auswertung von 30-jährigen Aufzeichnungen der Regenmesstation der Meteorolog. Zentralanstalt

Von Dipl. Ing. A. KROPF, Beratungsstelle
für Abwassereinigung und Trinkwasserversorgung der E. T. H.

Einleitung

Für die gesamte Wasserwirtschaft spielt die Kenntnis der zu erwartenden maximalen Abflussmengen eine wichtige Rolle, weil darnach die zur Ableitung des Wassers geschaffenen Bauwerke — Wildbach- und Flussverbauungen, Kanäle usw. — bemessen werden. Zwischen der Regenmenge, die auf eine bestimmte Fläche niederfällt, und der Abflussmenge des selben Einzugsgebietes bestehen gewisse Zusammenhänge; die Abflussmenge muss naturgemäß kleiner als die Niederschlagsmenge ausfallen, da ein mehr oder weniger grosser Anteil des Regenwassers durch Versickerung, Verdunstung und andere Einflüsse für den Abfluss ausser Betracht fallen.

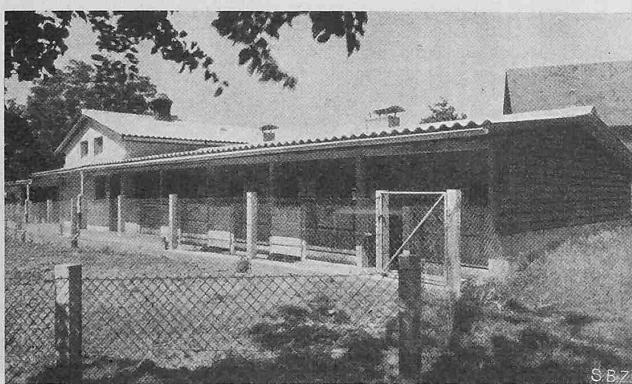


Abb. 6. Schweinestall mit Auslauf

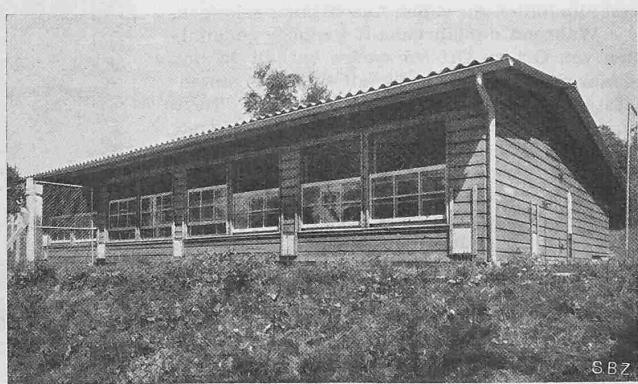


Abb. 7. Das Hühnerhaus

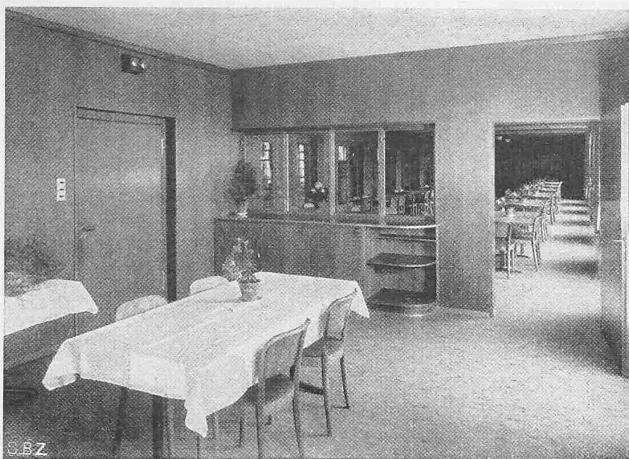


Abb. 10. Verwalter- und Personal-Esszimmer

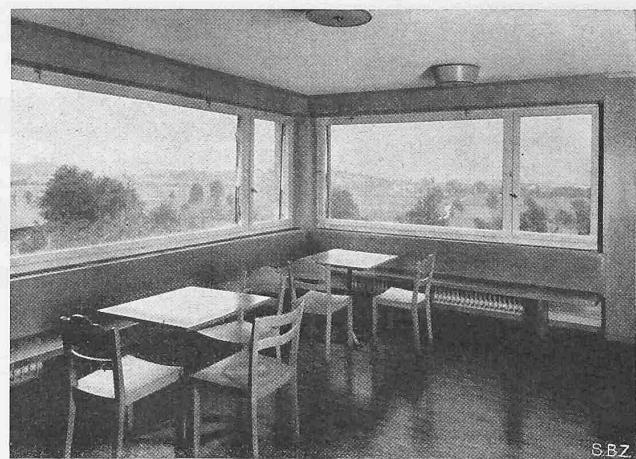


Abb. 11. Blick aus einem Tagraum

Diese Zusammenhänge sind recht verwickelt, sodass wir trotz der mannigfaltigen Arbeiten, die hierüber bereits veröffentlicht wurden, noch nicht in der Lage sind, den Anteil Regenwasser, der tatsächlich zum Abfluss gelangt, mit Sicherheit anzugeben. In der Praxis hilft man sich durch die Einführung des Begriffs des «Abflusskoeffizienten» und begnügt sich in Ermanagung einer mathematischen Formulierung mit empirischen Werten. Bedenken wir nun, dass dieser Abflusskoeffizient u. a. von Klima und Jahreszeit, von der geologischen Beschaffenheit des Untergrundes, von der topographischen Gestaltung und Form, sowie der Ueberdeckung des Einzugsgebietes, ferner von der Regendauer und Regenintensität usw. abhängt, so verstehen wir, dass ein so verwickeltes Problem bis zu seiner definitiven Abklärung umfangreiche Untersuchungen und Beobachtungen bedingen und demgemäß noch geraume Zeit in Anspruch nehmen wird. Bis dann werden wir uns also wohl oder übel auf die z. T. unsicheren, in den Fachschriften bekanntgegebenen Erfahrungswerte stützen müssen. Trotzdem nähern wir uns dem Kern des Problems, wenn wir auf Grund des vorhandenen Beobachtungsmaterials mindestens eine der Unbekannten, nämlich die Regenmenge, bzw. die Regenintensität, möglichst zuverlässig zu erfassen suchen.

Im Kanalisationswesen spielen die aufgeföhrten Fragen eine ausschlaggebende Rolle und so ist es nicht verwunderlich, wenn der erste Anreiz zur Auswertung des vorhandenen Beobachtungsmaterials aus dem Kreise der Kanalisationsfachleute stammt. Für die Bemessung von Ortsentwässerungen sind erfahrungsgemäss die kurzen, aber intensiven sog. Sturz- oder Platzregen von 5–60 Minuten Dauer massgebend, weil zufolge der Ueberbauung (feste Strassenbeläge, Dachflächen usw.) das Regenwasser relativ schnell zusammenfliesst, bzw. rasch zum Abfluss gelangt.

Auf dem Gebiete der Wildbach- und Flusskorrekturen geht die Bedeutung dieser kurzen Sturzregen zurück, einerseits wegen der viel grösseren Ausdehnung der Einzugsgebiete, anderseits wegen der anders gearteten Bedeckung des Geländes; an ihre Stelle treten die schwächeren, aber länger andauernden sog. Starkregen von mehreren Stunden Dauer, die sich über viel grössere Gebiete erstrecken und erst allmäthlich zur vollen Auswirkung gelangen.

Während die jährliche Regenhöhe bekanntlich von Ort zu Ort schwankt, verhält es sich erfahrungsgemäss anders mit den Regenintensitäten, die für grosse Gebiete ähnliche Werte aufweisen. Es genügt demnach vollkommen, wenn in unserem Lande für die wichtigsten Städte die vorhandenen Regenstreifen nach einheitlicher Methode systematisch ausgewertet werden. Zweck dieser Arbeit ist es, die Ergebnisse der zunächst für Zürich durchgeföhrten Auswertung den Fachkreisen zur Verfügung zu stellen.

Allgemeine Grundlagen

Aus dem eingangs Gesagten geht bereits hervor, dass zwischen Regendauer und Regenintensität eine gewisse Abhängigkeit besteht, in dem Sinne, dass die Regenintensität mit zuneh-

mender Regendauer in ganz bestimmtem Masse abnimmt¹⁾. Ohne auf die Auswertungsmethode selbst, die an andern Orten ausführlich beschrieben ist, einzugehen, wollen wir hier lediglich deren Wesen kurz erläutern.

Bezeichnen wir mit

N die Regenhöhe in mm

T die Regendauer in Minten

$$i \text{ die Regenintensität (mm/min)} \quad i = \frac{N}{T}$$

$$r \text{ die Regenspende (l/sec ha)} \quad r = 166,7 \frac{N}{T}$$

Tragen wir alle starken Regenfälle (r, T) einer längeren Beobachtungsperiode in einem Koordinatennetz mit r als Ordinate und T als Abszisse auf, so erhalten wir einen Haufen von Punkten. Greifen wir indessen diejenigen Wertepaare (r, T) heraus, die im Jahresmittel gleich oft, nämlich n -mal erreicht oder überschritten werden, so liegen diese Punkte auf einer Kurve, Regenspendelinie (auch Regenreihe) genannt. Die Zahl n bezeichnen wir als die jährliche Regenhäufigkeit. Durch Variation der Häufigkeit (Parameter) erhält man eine Kurvenschar, d. h. verschiedene Regenspendelinien, die sich durch ihre Häufigkeit unterscheiden und alle eine bestimmte Beziehung zwischen Regenspende und Regendauer liefern.

Die höchste dieser Kurven mit der kleinsten jährlichen Häufigkeit (z. B. $n = \frac{1}{30}$) verbindet diejenigen Regenfälle, die am seltensten vorkommen und dabei die grössten Intensitäten aufweisen. Eine solche max. Regenspendelinie wird man bei

¹⁾ Beiden Begriffen, Regenintensität und Regenspende, fällt grundsätzlich dieselbe Bedeutung zu; aus praktischen Gründen arbeiten wir in diesem Aufsatz nur mit der Regenspende.

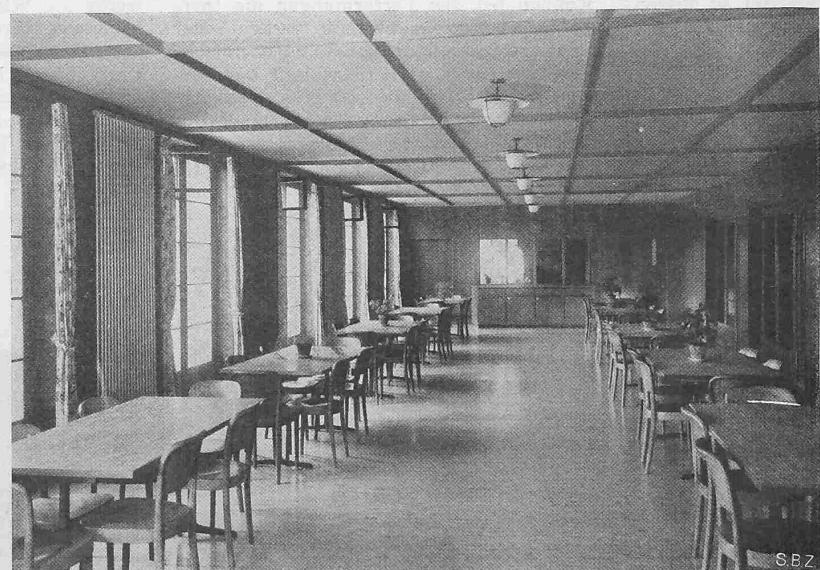


Abb. 9. Der grosse Essaal, gegen Personal-Esszimmer gesehen

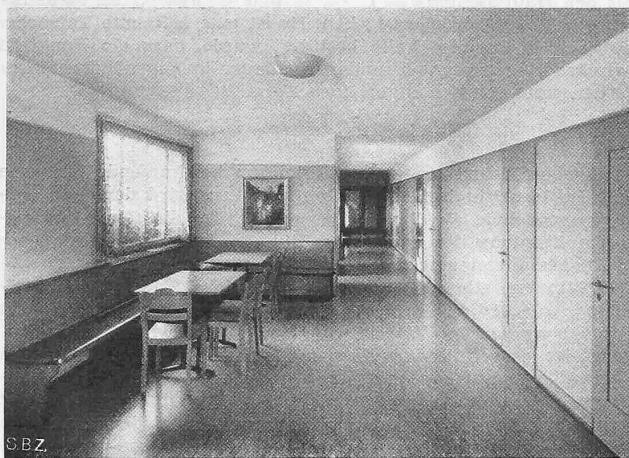


Abb. 12. Sitznische im Gang



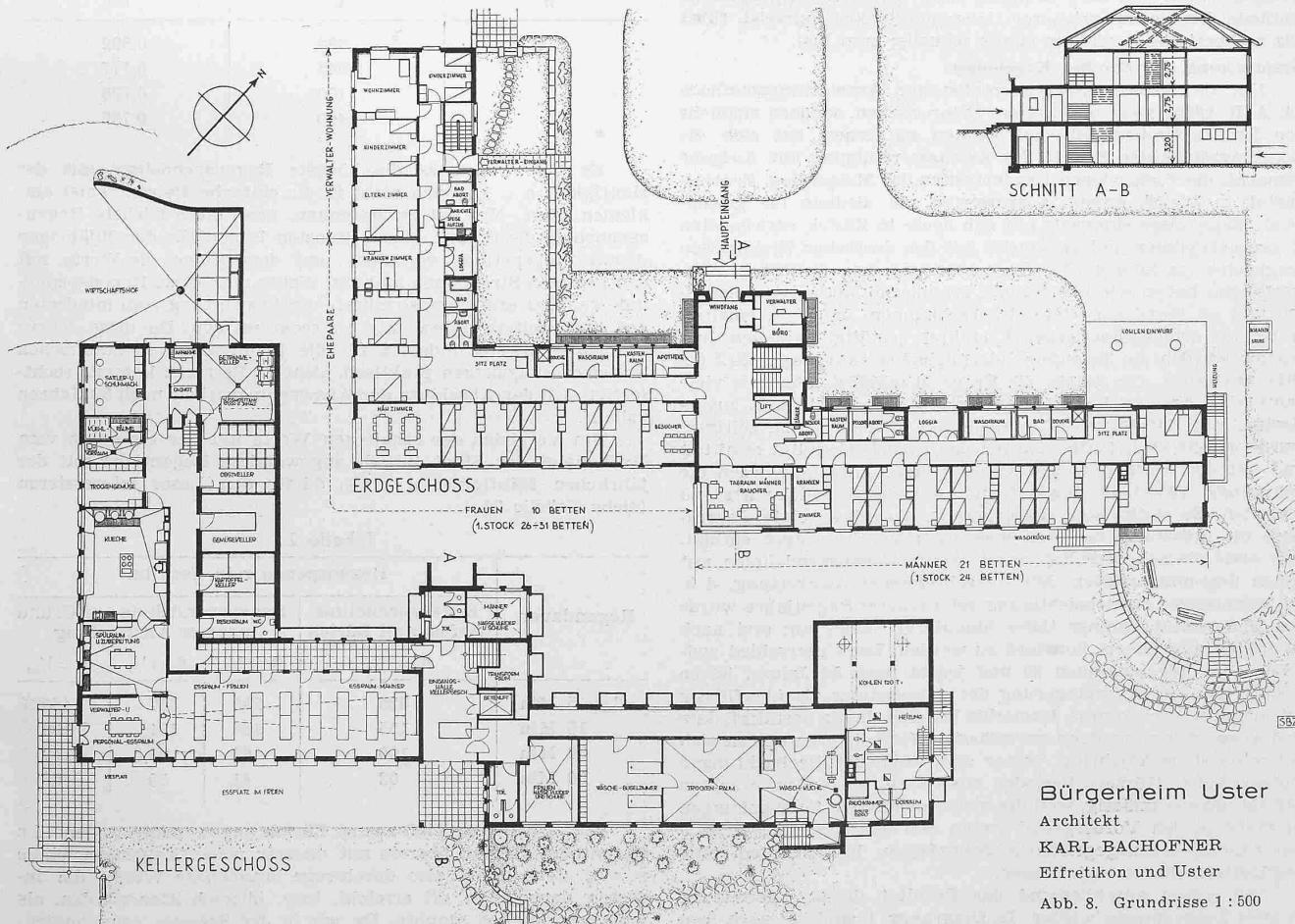
Abb. 13. Insassen-Zimmer

offenen Wasserläufen (Wildbachverbauung) als Berechnungsgrundlage wählen, wenn man nicht Gefahr laufen will, dass ein unberücksichtigt gebliebenes Hochstehwasser sich zerstörend auf die Verbauung auswirkt. Auf geschlossene Kanäle übertragen, würde sie indessen zu wirtschaftlich untragbaren Abmessungen der Bauwerke führen. Es ist daher üblich, als Berechnungsgrundlage von Ortsentwässerungsanlagen schwächere Regenspendelinien anzunehmen, in voller Erkenntnis des Umstandes, dass sie, nach Massgabe der gewählten Regenhäufigkeit, zeitweise überschritten werden.

Kanalisationsanlagen, die nach einer solchen schwächeren Regenspendelinie bemessen werden, sind zwar nicht mehr in der Lage, die absolut grössten zu erwartenden Abflussmengen abzuleiten; vielmehr werden Ueberlastungen des Kanalnetzes vorkommen, die umso öfters auftreten werden, je häufiger die betreffende massgebende Regenreihe erreicht, bzw. überschritten

wird. Diese Ueberlastungen, die bei Mischkanalisationen u. U. mit Ueberschwemmungen der angeschlossenen Kellerräume verbunden sein können, werden mit Rücksicht auf eine grössere Wirtschaftlichkeit der Bauwerke bewusst in Kauf genommen, da der damit verbundene allfällige Schaden in der Regel kleiner ausfällt als die an Baukosten ersparte Summe.

Projektverfasser und Behörden müssen sich indessen im klaren sein, wie oft solche Ueberlastungen überhaupt zu erwarten sind. Aus diesem Grunde ist der Begriff der «jährlichen Häufigkeit einer Ueberschreitung» geprägt worden, der angibt, wie viel mal im Jahresdurchschnitt ein bestimmter Regenfall der gewählten Regenreihe erreicht, bzw. überschritten wird (z. B. $n = \frac{1}{5}$, einmal in 5 Jahren, oder $\frac{1}{10}$ mal im Jahr). In Deutschland verwendet man daher üblicherweise zur Kanalbemessung Regenspendelinien mit einer jährlichen Häufigkeit $n = 2$ bis $n = \frac{1}{2} \div \frac{1}{3}$. In der Schweiz dürfen unsere Tiefbauverwaltungen im allgemeinen



Bürgerheim Uster

Büro für
Architektur

Architekt
KARL BACHOFNER

RARE BRONZEFINE

Abb. 8. Grundriss 1 : 500.

Abb. 8. Grundrisse 1 : 500

nen, mit Rücksicht auf die grösseren Ansprüche der Oeffentlichkeit nicht so weit gehen, was in der Wahl der massgebenden Regenspendelinien entsprechend grössere Vorsicht verlangt.

Gelegentlich treffen wir sogar die Auffassung, dass der Berechnung von Kanalisationen nur solche Regenspendelinien zugrundegelegt werden dürfen, die nur alle 30+50 Jahre, also äusserst selten, erreicht werden. Vergleichen wir jedoch die verschiedenen in der Schweiz angewandten Regenreihen mit den Ergebnissen unserer Auswertungen, so vermissen wir in der Regel jegliche Angaben über ihre zugehörige jährliche Häufigkeit, oder wenn dieselben vorliegen, erscheinen sie als zu günstig, weil offenbar zu ihrer Bestimmung eine zu kurze Beobachtungsperiode herangezogen worden ist. Eine Regenspendelinie, die angeblich nur alle 30 Jahre überschritten wird, kann demnach in der Tat eine grössere Häufigkeit aufweisen und vielleicht im Mittel schon alle 5+10 Jahre einmal erreicht werden. Die bisher gehandhabte Vorsicht in der Wahl der massgebenden Regenspendelinien hat zwar grössere Unzulänglichkeiten der meisten Kanalisationsprojekte vermieden, doch scheint es gegeben, unsere Berechnungsgrundlagen im Hinblick auf eine sparsamere, aber doch sichere Bauweise zu revidieren. Will man die Ergebnisse verschiedener Messtationen miteinander vergleichen, so ist dies nur möglich, wenn die Auswertung nach einheitlichen Gesichtspunkten erfolgt. Aus diesem Grunde wurden von der Abwassergruppe der Deutschen Gesellschaft für Bauwesen e. V. im Jahre 1936 unter dem Vorsitz des Präsidenten des Arbeitsausschusses für Abwasserableitung, Prof. Dr.-Ing. habil. Reinhold, Anweisungen zur Auswertung von Regenmesser-Aufzeichnungen für wasserwirtschaftliche Zwecke (A.A.R. 1936) herausgegeben. Nach diesen Anweisungen ist denn auch in den Jahren 1936-1939 das Beobachtungsmaterial von rund 50 Ortschaften (156 Messtellen) neu verarbeitet worden, sodass für Deutschland wenigstens ein ganzes Netz von vergleichbaren Ergebnissen vorliegt.

In den A. A. R. 1936 sind zwei Verfahren, nämlich ein graphisches Verfahren, das auf den Altmeister der Kanalisation und Wasserversorgung, F. Lindley, zurückzuführen ist, und ein rechnerisches Verfahren, das zur Hauptsache in der Bayrischen Landesanstalt für Gewässerkunde entwickelt wurde, nebeneinandergestellt. Beide Verfahren führen zum gleichen Ergebnis, da sie ihrem Wesen nach identisch sind. Während die graphische Methode den Vorteil grösserer Übersichtlichkeit aufweist, führt das rechnerische Verfahren etwas schneller zum Ziel.

Besprechung der Zürcher Ergebnisse

Um das Wesen dieser normalisierten Auswertungsmethode (A. A. R. 1936) nicht nur von der theoretischen, sondern vielmehr von der praktischen Seite her kennen zu lernen, hat sich die Beratungsstelle der E. T. H. für Abwasserreinigung zur Aufgabe gemacht, die vorhandenen Regenstreifen der Meteorolog. Zentralanstalt in Zürich erneut auszuwerten, um alsdann die gewonnenen Ergebnisse einerseits mit dem heute in Zürich verwendeten Regenspendelinien und anderseits mit den deutschen Ergebnissen vergleichen zu können. Im Gegensatz zu den deutschen Auswertungen haben wir uns für die graphische Methode entschlossen und an Hand von Vergleichsrechnungen die Übereinstimmung mit dem rechnerischen Verfahren bestätigt gefunden. Insgesamt wurden die 30 aufeinanderfolgenden Jahrgänge 1912 bis 1941 analysiert. Um ferner die Frage abzuklären, über wie viele Jahre sich eine solche Auswertung erstrecken soll, um zuverlässige, von Zufälligkeiten unabhängige Ergebnisse zu zeitigen, wurde jeweils nach je fünf Jahren das Zwischenresultat ermittelt und mit den vorigen verglichen. Als erste Tranche wurden die Jahrgänge 1936/1940 gewählt, um sukzessive rückwärts zu schreiten. Es stellte sich dabei heraus, dass diese erste Jahresreihe die grösste Anzahl von massgebenden Sturzregen enthält. Das erste Zwischenresultat ergab somit Regenspendelinien mit hohen Regenintensitäten. Mit fortschreitender Auswertung, d. h. mit sukzessiver Berücksichtigung schwächerer Regenjahre wurde das Endresultat immer tiefer hinuntergedrückt, um erst nach 20 Jahren annähernd konstant zu werden. Der Unterschied zwischen dem Ergebnis nach 25 und jenem nach 30 Jahren ist so gering, dass eine Verlängerung der Auswertung als überflüssig betrachtet werden konnte. Immerhin hat sich damit bestätigt, dass eine Auswertung nur dann zuverlässige Werte liefert, wenn sie sich auf mindestens 20jährige, besser aber 30jährige Beobachtungen stützen kann. Kürzere Perioden auswerten zu wollen, erachten wir als unzweckmäßig, weil die meteorologischen Schwankungen zu stark in den Vordergrund treten und das Ergebnis, je nach den zufällig herausgegriffenen Jahrgängen, in günstigem oder ungünstigem Sinne beeinflussen.

Wir geben anschliessend das Resultat dieser Auswertung in zwei Diagrammen wieder. In Diagramm 1 sind die nach dem Gesetz der kleinsten Quadrate ausgeglichenen Regenspendelinien

mit den Häufigkeiten $n = 1, \frac{1}{2}, \frac{1}{5}$ und $\frac{1}{10}$ und $\frac{1}{30}$ im logarithmischen Maßstab wiedergegeben. Es ist eine bekannte Tatsache, die auch in unserem Falle bestätigt wurde, dass die Funktion zwischen Regenspende r und Regendauer T angenehrt einem Potenzgesetz von der allgemeinen Form

$$r = \frac{C}{T^\alpha} \quad \dots \quad (1)$$

folgt, wobei C und α experimentell zu bestimmende Beiwerte sind. Im logarithmischen Netz aufgetragen, wird demnach jede Regenspendelinie als Gerade dargestellt. Um die relativ geringfügige Streuung der erhaltenen Punkte darzulegen, sind diese im Diagramm eingetragen. Für Regendauern zwischen 10 und 1000 Minuten stimmt das oben angegebene Potenzgesetz auf- fallend, während für kleinere Regendauern eine immer grössere Abweichung von der Potenzformel festgestellt wird. Dieser Umstand ist jedoch von geringem Belang, da diese kürzesten Regenfälle (< 10 min) für die Bemessung von Kanalisationsnetzen grösseren Ausmassen nicht von Bedeutung sind. Diese Krümmung der Regenspendelinie ist von verschiedenen Autoren für andere Stationen in wesentlich stärkerem Masse festgestellt worden, sodass an Stelle des reinen Potenzgesetzes die verallgemeinerte Formel

$$r = \frac{C}{(T+B)^\alpha} \quad \dots \quad (2)$$

vorgeschlagen wird. In unserem Falle sehen wir uns indessen nicht veranlasst, die einfachere Potenzformel zu verlassen, da eine bessere Übereinstimmung bei solchen statistischen Auswertungen kaum erwartet werden dürfte; der Grund hierfür liegt wahrscheinlich in der sehr langen Auswertungsperiode, sodass der Einfluss von Zufälligkeiten weitgehend zurücktritt. Nebenbei ist zu bemerken, dass das einfache Potenzgesetz bereits für die kürzeren fünfjährigen Zwischenperioden gute Übereinstimmung zeigte.

Wir geben in der nachstehenden Tabelle die Beiwerte C und α für die ermittelten Regenspendelinien wieder.

Tabelle 1

jährliche Regenhäufigkeit n	Beiwerte der Potenzformel	
	C	α
1	698	0,692
$\frac{1}{2}$	945	0,717
$\frac{1}{5}$	1150	0,726
$\frac{1}{10}$	1460	0,752

Es fällt auf, dass die höchste Regenspendelinie mit der Häufigkeit $n = \frac{1}{30}$ sich nicht in die einfache Potenzformel einkleiden lässt. Nun ist zu bedenken, dass diese höchste Regenspendelinie die Punkte aller seltensten Regenfälle der 30jährigen Auswertungsperiode verbindet und demzufolge die Werte mit den grössten Streuungen umhüllt. Wollte man diese Regenspendelinie genauer ermitteln, so müsste die Auswertung um mindesten auf drei weitere Jahrzehnte erstreckt werden. Da diese Kurve der Maximalwerte indessen für die Bemessung von städtischen Entwässerungsnetzen praktisch nicht in Betracht kommt, rechtfertigt sich der Abschluss der Auswertungsarbeit nach 30 Jahren vollauf.

Ein Vergleich der erhaltenen Werte mit der bis anhin vom Tiefbauamt der Stadt Zürich angewandten Regenreihe mit der jährlichen Häufigkeit $n = \frac{1}{10}$ dürfte den Leser interessieren (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2

Regendauer	Regenspende r in 1/sec ha			
	Regenspendelinie Tiefbauamt Zürich $n = \frac{1}{10}$	Regenspendelinie auf Grund unserer Auswertung		
		$n = \frac{1}{2}$	$n = \frac{1}{5}$	$n = \frac{1}{10}$
$T = 5$ Min	325	295	357	450
15 Min	155	135	161	190
30 Min	100	66	96,5	112
60 Min	62	41	59	68

Die bisher vom Tiefbauamt Zürich angewandte Regenreihe stimmt am ehesten überein mit unserer neuen Regenspendelinie $n = \frac{1}{10}$. Jene liefert also durchwegs brauchbare Werte, die indessen doppelt so oft erreicht, bzw. überschritten werden, als man ursprünglich glaubte. Da wir in der Schweiz sehr vorsichtig rechnen, ist dieser Umstand noch nie ungünstig in Erscheinung

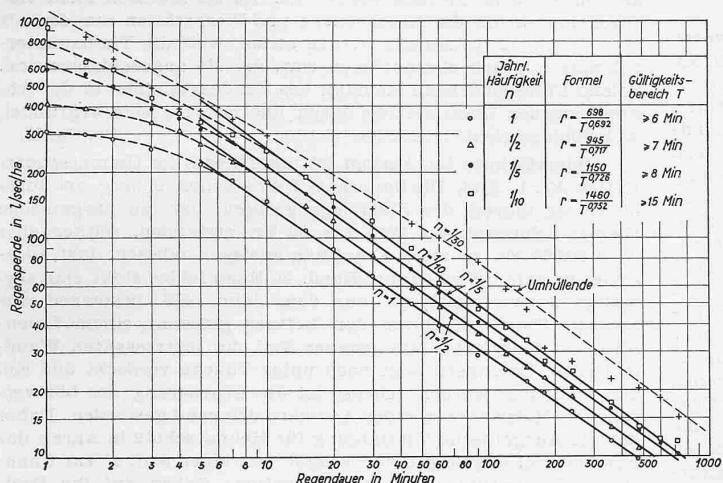


Diagramm 1. Regenspendelinien für Zürich, nach Auswertung der Regenstreifen 1912 bis 1941 der Meteorolog. Zentralanstalt in Zürich

getreten, doch wird damit die Zweckmässigkeit der vorgenommenen Auswertungsarbeit umso mehr hervorgehoben, als die Zürcher Regenreihen als die zuverlässigsten der Schweiz gelten.

Interessant ist ferner der Vergleich der erhaltenen Ergebnisse mit den von Reinholt veröffentlichten Mittelwerten für Deutschland²⁾. Ziehen wir z. B. die Regenspendelinien mit der jährlichen Häufigkeit $n = 1$ als Vergleich heran, so stellen wir fest (siehe Tabelle 3), dass die Zürcher Werte im Bereich der Platzrügen nur um rd. 7 % höher liegen.

Tabelle 3

Regendauer $T =$	10	15	20	30	60	120 min
a) Regenspende nach Reinholt in l/sec ha	127	100	83	62	34	20
b) Regenspende für Zürich	142	107	88	67	41	25
Verhältnis $\frac{b}{a}$	1,12	1,07	1,06	1,08	1,20	1,25

Anwendung auf die Berechnung von Kanalisationsanlagen, Zeitbeiwert φ , Gang der Listenrechnung

Als Grundlage zur Bemessung eines beliebigen Kanalnetzes wird (Abb. 1) nun eine bestimmte Regenspendelinie gewählt. Um die im Punkte B bestehender Abb. 2 abfließende max. Wassermenge $Q_{B \max}$ zu ermitteln, wird nach dem Grundsatz «massgebende Regendauer = Fliesszeit» die der Fliesszeit T_B zugehörige Regenspende r_B aus der Regenspendelinie abgelesen.

Da die Fliesszeit eine Funktion der Abflussmenge ist, diese aber von der Regenspende abhängt, kann die gesuchte Wassermenge nur auf dem Probierwege ermittelt werden, wozu nachfolgende Beziehung verwendet wird:

$$Q_{B \max} = r_B \cdot \sum_A^B \psi \cdot \Delta F = r_B \cdot \sum_A^B \Delta F_{\text{red}} = r_B \cdot F_{\text{red}} \quad (3)$$

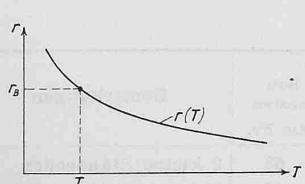


Abbildung 1

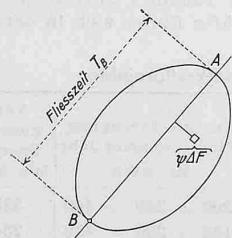


Abbildung 2

ψ bedeutet hier den Abflusskoeffizient, den man aus Erfahrung je nach Beschaffenheit der Bodenbedeckung einzusetzen hat.

Zunächst wird also die Fliesszeit T_B geschätzt und daraus die entsprechende Regenspende aus der gewählten Regenspendelinie entnommen. Hierauf wird die Wassermenge $Q_{B \max}$ errechnet und endlich zur Kontrolle die wirkliche Fliesszeit T_B ermittelt.

²⁾ K. Imhoff: Taschenbuch der Stadtentwässerung, 9. Auflage, Verlag Oldenbourg, Berlin und München.

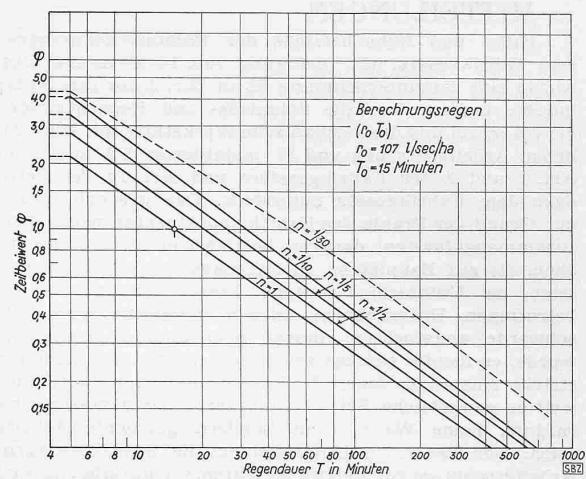


Diagramm 2. Zeitbeiwert φ in Funktion der Regendauer T und der jährlichen Häufigkeit n ; nach dreissigjährigen Beobachtungen (1912–1941) der meteorolog. Zentralanstalt Zürich

Bei Unstimmigkeiten zwischen Schätzung und Rechnung muss mit einer neugeschätzten Fliesszeit die Rechnung bis zur Ueber-einstimmung wiederholt werden. Dann schreitet man mit der sog. Listenrechnung zum nächsten Kanalpunkt weiter. Um jedoch die Listenrechnung bequemer zu gestalten, empfiehlt es sich, nach dem Vorschlag Imhoffs, den Zeitbeiwert φ einzuführen, der als das Verhältnis der mit der Regendauer veränderlichen Regenspende r zu einer konstanten Regenspende r_0 definiert wird, also:

$$\varphi = \frac{r}{r_0} \quad \text{oder} \quad r = \varphi \cdot r_0$$

Dies in Gleichung (3) eingeführt, ergibt:

$$Q_{B \max} = \varphi \cdot r_0 \sum \Delta F_{\text{red}} = \varphi \sum r_0 \cdot \Delta F_{\text{red}} = \varphi \sum \Delta Q \quad (3a)$$

Dadurch können wir unter Zugrundelegung einer konstanten Regenspende r_0 die Abflussmengen ΔQ der einzelnen Beitragssflächen ΔF , unbekümmert um die Fliesszeit, ermitteln und über das ganze Einzugsgebiet integrieren. Die Berücksichtigung der Fliesszeit erfolgt erst im Schlussergebnis durch Multiplikation mit dem zugehörigen φ -Wert, der allerdings ebenfalls durch sukzessives Schätzen gewonnen werden muss.

Im Diagramm 2 ist der Zeitbeiwert φ in Funktion der Regendauer T , für verschiedene Regenhäufigkeiten n , aufgetragen, und zwar in logarithmischer Darstellung, damit die einzelnen Funktionen als Gerade erscheinen. Dabei haben wir als Vergleichsregen den 15-Minutenregen mit der jährlichen Häufigkeit $n = 1$ ($r_0 = 107 \text{ l/sec ha}$) gewählt.

Vorgesehene künftige Auswertungen

Diese Auswertungsarbeit stellt nur einen Anfang dar und sollte auf andere Schweizerstädte ausgedehnt werden, damit für unser Land etwas einheitlicher Berechnungsgrundlagen geschaffen werden. Obwohl nach unserer Erfahrung sehr grosse Unterschiede in den Regenspendelinien der einzelnen Städte kaum zu erwarten sind, dürfen die für Zürich abgeleiteten Beziehungen doch nicht ohne Vorbehalt auf andere Gegenden unseres Landes mit anders gearteten klimatischen Verhältnissen, wie z. B. Tessin, Wallis, Seeland oder Alpenland übertragen werden. Aus diesen Ueberlegungen heraus besteht die Absicht, die für Zürich bereits durchgeföhrte Auswertung weiterzuführen und allmählich auf die vorhandenen Regenmess-Stationen mit Pluviographen, die leider nicht zahlreich sind, auszudehnen.

Unter der Oberleitung der Versuchsanstalt für Wasserbau an der E. T. H. (Beratungsstelle für Abwasserreinigung und Abteilung Hydrologie) soll auf Anregung von Ing. A. Hörler und unter Mitwirkung des Technischen Arbeitsdienstes eine Auswertungsaktion eingeleitet werden. Die Finanzierung dieser Arbeit ist bereits durch Zuweisungen der Schweiz. Volkswirtschaftsstiftung und des Jubiläumsfonds E. T. H. 1930 gesichert; die Arbeit hätte bereits im Lauf des Winters 1942/43 beginnen sollen, musste aber wegen Mangel an geeignetem Personal auf später verschoben werden. Der vorliegende Aufsatz gibt mithin nur ein erstes Teilergebnis, bezweckt aber, das Interesse der Fachleute an diesen Fragen zu erwecken.

Zum Schluss möchten wir der Direktion der Meteorologischen Zentralanstalt in Zürich für das anvertraute Beobachtungsmaterial unseren besten Dank aussprechen.