

**Zeitschrift:** Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 32 (1940)  
**Heft:** 2-3

**Artikel:** Das Hochwasser im Gebiete des Bachtels vom 25. August 1939  
**Autor:** Brockmann, O.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-922073>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

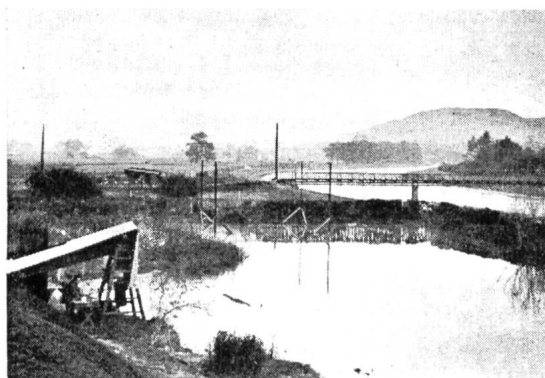
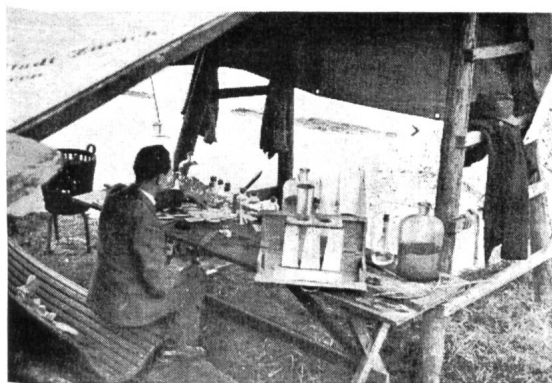
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 17.05.2025

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



Die Abwasserkläranlage für das Gaswerk der Stadt Zürich

Abb. 1 zum Artikel von Dipl.-Ing. M. Wegenstein (s. Seite 18): Abwasseruntersuchungen am früheren Schlammteich.

## Das Hochwasser im Gebiete des Bachtels vom 25. August 1939

Technische Darlegungen und mathematische Bestimmung der Häufigkeit solcher Erscheinungen auf Grund der Statistik.

### Die allgemeinen Streuungsgesetze der Teilung und der Multiplikation

Von Ingenieur O. Brockmann, Langnau a. A.

Am Freitag, dem 25. August 1939, entlud sich im Gebiete des Zürcher Oberlandes ein Gewitter mit ganz aussergewöhnlich starkem Niederschlag. Die Ausmasse des Regens und des Wasserabflusses waren so gewaltig, dass es angebracht ist, die abgeflossenen Wassermengen zahlenmässig zu ermitteln und die Folgen solcher Wasseranschwellungen zu zeigen. Wichtiger als die Kenntnis der Durchflussmengen dieses besondern Falles sind Anhaltspunkte über die Berechnung der Häufigkeit oder Wahrscheinlichkeit solcher ausserordentlicher Erscheinungen an Hand von mathematisch erfassbaren Streuungsgesetzen.

### Gebiet des ausserordentlichen Niederschlages.

Aus den hinterlassenen Spuren der Hochwasser ergab sich der Umfang des Gebietes der ausserordentlichen Niederschläge (siehe Kartenskizze Abb. 1). Der stärkste Niederschlag fiel rings um den Bachtel, grösstenteils im Einzugsgebiete der Jona, ferner im 2 km<sup>2</sup> grossen obersten Teile des Gebietes des Hinwiler Wildbaches. Der untere Teil des Westhanges des Bachtels blieb verschont, ebenso kleine Teile des östlichen und nördlichen Gebietes der obren Jona. Von dem 80 km<sup>2</sup> grossen Gebiete der ganzen Jona bei der Mündung wurden nur angenähert 30 km<sup>2</sup> stark betroffen. Der heftigste Niederschlag begann vor 17 Uhr und dauerte bis 19 Uhr. Der Regen soll erst am nächsten Morgen ganz aufgehört haben.

### Regenmessungen vom 25. bis 26. August.

| Ort                          | Meereshöhe<br>m | 25. August<br>mm | Mittl. Jahres-<br>nieder-<br>schlag<br>mm |
|------------------------------|-----------------|------------------|-------------------------------------------|
| Bachtel                      | 1110            | 186              | rd. 1800                                  |
| Sanatorium Wald              | 907             | 107              | 1620                                      |
| Hinwil, Tobel                | 600             | 53,6             | 1300                                      |
| Rapperswil                   | 410             | 50               | 1300                                      |
| Wetzikon                     | 540             | 23,6             | 1300                                      |
| Sternenberg                  | 900             | 29               | 1400                                      |
| Ricken                       | 800             | 34               | 1600                                      |
| südlich des obren Zürichsees |                 |                  |                                           |
| Willerzell                   |                 | 87               |                                           |
| Einsiedeln                   |                 | 62               |                                           |
| Vorderthal (Wäggital)        |                 | 78               |                                           |
| Lachen                       |                 | 63               |                                           |

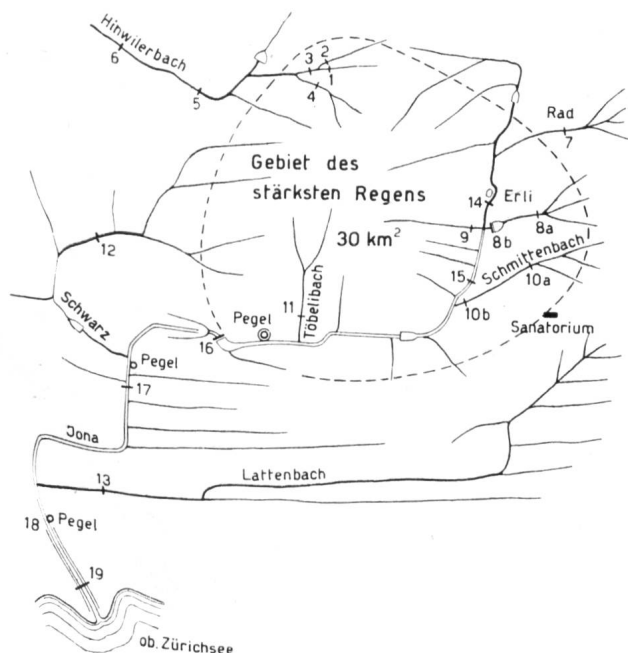


Abb. 1 Skizze der Lage der Gewässer. 1—19 Orte der Durchflussmessungen.

Trotz des ausserordentlichen Falles wurde leider überall versäumt, Zwischenablesungen zu machen.

### Wasserkraftnutzungen und Pegel.

Von den 250 m Gefäll der Jona von Gibswil bis zum Zürichsee sind nur wenige Meter nicht durch Wasserkraftanlagen ausgenützt. Die zahlreichen Weiher der Wasserwerke liegen meistens seitlich der Gewässer, so dass der Hochwasserzufluss das Fassungsvermögen der Zuleitungen nicht übersteigt. Nur an drei Orten wird das Talbett der Jona für Stauweiher benützt.

Bei der untern Strassenbrücke in Rüti (Einzugsgebiet 51 km<sup>2</sup>) erstellte das eidg. Amt für Wasserwirtschaft im Jahre 1913 einen Pegel, der bis Mitte 1921 einmal täglich abgelesen wurde. Nach den amtlichen Angaben waren:

|                                 |        |
|---------------------------------|--------|
| Tiefster Stand Oktober 1914     | 2,47 m |
| Höchste Stände: 10. Januar 1914 | 4,00 m |
| 27. Dezember 1916               | 4,00 m |
| 26. Dezember 1918               | 4,22 m |
| 15. April 1919                  | 4,21 m |

Die Pegelskala reicht nur bis 5,00 m. Am 25. August 1939 stieg der Wasserspiegel dort auf rund 7 m der Skala. Diese erwies sich als um mindestens 3 m zu kurz.

Ein weiterer Pegel liegt im Dorfe Jona unterhalb der Strassenbrücke. Er reicht von 1 m bis 4 m. Dank der kräftigen Austiefung der Flußsohle wurde der Kopf der Skala nur geringfügig vom Hochwasser überflutet.

Im Jahre 1919 erstellte der Kanton Zürich an der Jona oberhalb Pilgersteg an einer Stelle ohne Wasserausnützung einen Pegel mit selbsttätiger Aufzeichnung nach Entwürfen des Verfassers (Abb. 2). Zur genauern Messung der kleinen, gewöhnlichen Durchflüsse wurde auf der Flußsohle (Nagelfluhschicht) eine niedere Schwelle mit eisernen Kanten und ein

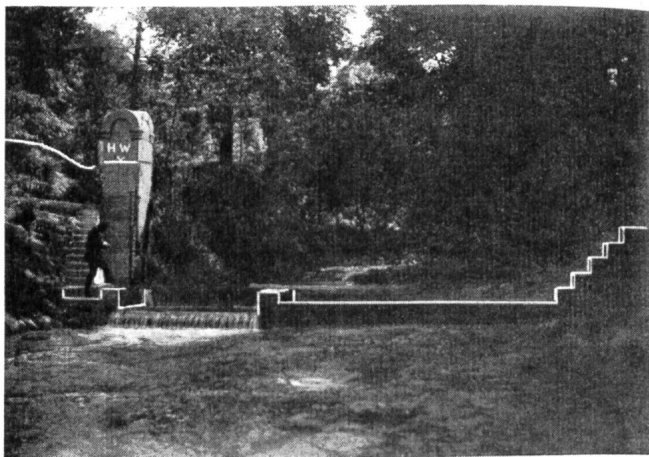


Abb. 2 Schreibpegel Pilgersteg.

3 m breiter Messüberlauf angebracht. Ich erachtete damals eine Länge der Pegelskala von 3 m als genügend. Später wurde eine neue Schreibvorrichtung eingebaut, leider nur noch für einen Spielraum von 2,50 m. Beim Hochwasser vom August 1939 hat die neue Vorrichtung versagt und nur die Stände bis 1,67 m aufgezeichnet, während der Wasserspiegel von 18.15 h bis 20.45 h höher war.

Das Hochwasser erreichte von der überfluteten Staatsstrasse her die Höhe von 4,4 m am Pegel (Gemsquader oben am Pegelschacht, siehe Abbildung), ergoss sich aber unmittelbar unterhalb des Pegelschachtes wieder in das Jonabett. Auf der Flußseite war der höchste Wasserstand ungefähr 3,7 m.

Die missglückte Pegelaufzeichnung lässt immerhin mit Sicherheit darauf schliessen, dass die Spitze des Hochwassers um 19 Uhr (Zeit nach Pegelstreifen) eintrat, dass somit der *ausserordentlich starke Regen nach zwei Stunden schon ganz wesentlich schwächer* war. Die Beobachtungen an allen Pegeln zeigen, dass man die Längen der Skalen immer sehr reichlich bemessen soll.

### Die grössten Durchflussmengen.

Es wäre verfehlt, die grösste Durchflussmenge nur an einer einzigen Stelle der Jona zu bestimmen und daraus den Durchfluss an den kleinen Zuflüssen im Verhältnis zum Einzugsgebiete zu berechnen. Verfehlt ist es auch, von den Durchflussbestimmungen einen grossen Grad an Genauigkeit zu verlangen oder dann lieber ganz darauf zu verzichten mangels vorgenommener Geschwindigkeitsmessungen. Die Fehler in der Bestimmung der mittleren Wassergeschwindigkeit mit Erfahrungsformeln sind nicht so gross, dass ganz unzuverlässige Ergebnisse zu erwarten sind. Wichtiger als die Wahl der Formel ist die richtige Wahl der Meßstelle. Das Bett darf sich im Laufe des Hochwassers nicht stark verändern. Flußstrecken mit Feinkies auf der Sohle sind daher untauglich. Am besten eignen sich Orte, wo die Sohle künstlich oder durch eine Felsschicht festgelegt ist, noch besser Ueberläufe an Stauweihern. Nach Modellversuchen anlässlich der Projektierung der 12 m hohen Stau-mauer im Pilgersteg (Ing. Kürsteiner 1919) berechnet sich die grösste Ueberlaufmenge über diese Mauer auf 190 m<sup>3</sup>/sek. Die Ergebnisse meiner Erhebungen sind in der Tabelle 1 enthalten. Die Nummern entsprechen den Orten auf der Planskizze Abb. 1.

Die in Tabelle 1 angegebenen Durchflussmengen  $q$ , bezogen auf 1 km<sup>2</sup> des Einzugsgebietes, weisen sehr grosse Schwankungen auf, von 1,8 m<sup>3</sup>/sek.-km<sup>2</sup> bei Nr. 13, Lattenbach, bis 18 m<sup>3</sup>/sek.-km<sup>2</sup> bei den Nrn. 4, 9 und 11. Die Planskizze gibt die Erklärung. Die

Tabelle 1.

|                                      | E<br>km <sup>2</sup> | J<br>Gefäll<br>‰   | Wasser-<br>tiefe<br>h | F<br>m <sup>2</sup> | Q<br>m <sup>3</sup> /sek | q<br>m <sup>3</sup> /sek<br>km <sup>2</sup> | Bemerkungen<br>(Sohle, Ufer)                                                               |
|--------------------------------------|----------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|--------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>a) Gebiet des Hinwiler Baches</b> |                      |                    |                       |                     |                          |                                             |                                                                                            |
| 1. Bodenbach                         | 0,42                 | 10                 | 0,6                   | 1,55                | 6,4                      | 15                                          | Gebüsch                                                                                    |
| 2. Allmennbach                       | 0,45                 | 10                 | 0,5/0,8               | 1,1                 | 5,4                      | 12                                          | Gebüsch. Wurzeln                                                                           |
| 3. Beide Bäche vereinigt             | 0,9                  | 20                 | 0,6                   | 2,4                 | 11,8                     | 13                                          | Sehr grosse Steine                                                                         |
| 4. Schaugenbach                      | 0,84                 | 10/5               | 1,5/1,3               | 3,3/4,4             | 15,5                     | 18,5                                        | Gebüsch und Wurzeln                                                                        |
| 5. Wildbach Dorf Hinwil              | 6                    | 1,4                | 1,45                  | 5,8                 | 34                       | 5,7                                         | Gepflästert, zwischen Mauern                                                               |
| 6. Wildbach unterhalb Kläranlage     | 6,5                  | 1                  | 1,6                   | 9,6                 | 34                       | 5,2                                         | Gepflästert, Rasenböschungen                                                               |
| <b>b) Gebiet der Jona</b>            |                      |                    |                       |                     |                          |                                             |                                                                                            |
| 7. Raderbach                         | 1,25                 | 4                  | 0,6                   | 1,5                 | 4,2                      | 3,4                                         | Kiessohle                                                                                  |
| 8. a) Erlibach, Erli                 | 0,85                 | 6                  | 0,9                   | 2,7                 | 6,6                      | 7,8                                         | Grosse Steine                                                                              |
| b) Erlibach, Ueberl. Stauweiher      | 1,2                  | Fall in Rinne      | 1,08                  | (4,2)               | 9,0                      | 7,5                                         |                                                                                            |
| 9. Hubbach                           | 1,1                  | 10                 | 1,5                   | 4,5                 | 20                       | 18                                          | Zwischen Mauern unterhalb Brücke                                                           |
| 10. a) Schmittenbach, Oberholz       | 2,5                  | 3                  | 1,0                   | 3,6                 | 11                       | 4,4                                         | Abstürze, mit Holzstangen verbaut                                                          |
| b) Schmittenbach, ob. Mündung        | 5,4                  | 3                  | 1,7                   | 8                   | 70                       | 13                                          | (Unsicher), gepfl. zwischen Mauern                                                         |
| 11. Töbelibach                       | 2,0                  | rd. 12             | 1,6                   | 10,5                | mehr als 35              | >17                                         | Fußsteg mit Sohlschwelle. Der Bach hat später auf beiden Seiten neue Gerinne ausgefressen. |
| 12. Schwarz mit Possengraben         | 13                   | 1                  | 1,45                  | 8,7                 | 30                       | 2,3                                         | Unterh. Geschiebesamml. Holzschw.                                                          |
| 13. Lattenbach, Tägernau             | 13                   | 1/2                | 1,5                   | 9                   | 23                       | 1,8                                         | Kiessohle, Bäume, Gebüsch                                                                  |
| 14. Jona, unterhalb Weiher Aatal     | 6                    | 2                  | 1,2                   | 4,8                 | 19                       | 3,2                                         | Abstürze, mit Holzstangen verbaut                                                          |
| 15. Jona, Fabrik Elba                | 11                   | 2,5                | 2,7                   | 15                  | 82                       | 7,4                                         | Felsschwelle in Sohle, hohe Uferm.                                                         |
| 16. Jona, über Staumauer Pilgersteg  | 25                   |                    | 3,0                   | 65                  | 190                      | 7,6                                         | Bäume blieben nicht hängen                                                                 |
| 17. Jona, mit Schwarz Widacher       | 51                   | 1                  | 3,2                   | 52                  | 240                      | 4,7                                         | Felsschwelle in Sohle, rechtes Ufer vollkommen zerstört                                    |
| 18. Jona, Pegel Dorf Jona            | 80                   |                    | rd. 4                 |                     |                          |                                             | Sohle nicht stabil                                                                         |
| 19. Jona, 500 m ob Seemündung        | 80                   | HW-Spiegel rd. 1,0 | bis 4,5               | 55 bis 59           | 270                      | 3,4                                         | Dammkronen schwach überflutet<br>Sohle zufolge Seenähe vertieft                            |

Gewässer 4, 9 und 11 entspringen dem Gebiete des Bachtels, wo der stärkste Niederschlag fiel. Die andern Bäche liegen einerseits am Rande des Bachtelgebietes, andererseits liegt ein Teil ihres Einzugsgebietes oder das ganze Einzugsgebiet ausserhalb des Bachtelgebietes. Für die Ermittlung des stärksten Wasserabflusses je nach der Grösse des Einzugsgebietes verbleiben nur Nrn. 4, 9, 11 und 16, Jona bei Pilgersteg. Es ist bekannt, dass mit der Zunahme des Einzugsgebietes die grösste Durchflussmenge  $q$ , bezogen auf die Einheit der Fläche (km<sup>2</sup>) abnimmt. Jeder Niederschlag wechselt ständig an Stärke. In der Regel, besonders bei Gewittern, nimmt er anfänglich sehr rasch zu, erreicht bald die grösste Heftigkeit und verflaut nur sehr langsam. Haben zwei zusammenfliessende Bäche gleichlang gestreckte Einzugsgebiete von gleicher Beschaffenheit, aber nicht notwendigerweise von derselben Breite, und ähnliche Gerinne, so treffen die stärksten Wasserabflüsse beider Bäche an der Vereinigungsstelle gleichzeitig ein (Beispiele 1, 2 und 4, beide Arme von 11). Der grösste Durchfluss an der Vereinigungsstelle entspricht der Summe der grössten Durchflüsse der einzelnen Gewässer. In der Regel ist das Gegenteil der Fall: Die grössten Zuflüsse zweier sich vereinigender Gewässer treffen

nicht gleichzeitig, sondern hintereinander ein. Je kürzer der Regenfall und je grösser der Unterschied der Länge der Gewässer ist, um so stärker macht sich das ungleichzeitige Eintreffen der stärksten Welle geltend.

Es soll versucht werden, die Veränderlichkeit des spezifisch grössten Durchflusses  $q$  durch eine Formel auszudrücken. Wir haben einerseits das veränderliche Einzugsgebiet eines Flusses im Laufe seiner Strecke und andererseits den grössten Hochwasserdurchfluss an verschiedenen Stellen dieser Strecke. Sobald zwei voneinander abhängige Grössen, wie Einzugsgebiet  $E$  und grösster Durchfluss  $Q$ , gleichzeitig Null werden, im übrigen aber sich nicht verhältnismässig verändern, dann weiss man aus Erfahrungen, dass für die Abhängigkeit das Potenzgesetz einigermaßen zutrifft. Diesem Gesetze entspricht hier die Formel

$$Q = Q_1 \cdot E^\mu$$

$Q_1$  ist der Durchfluss für die Masseinheit von  $E$ .  $E^\mu = \left(\frac{E}{1}\right)^\mu$  ist eine reine Verhältniszahl ohne Dimension. Der Exponent  $\mu$  muss kleiner als 1 sein und ist um so kleiner, je länger es dauert, bis nach dem Zeitpunkte des grössten Zuflusses eines Seiten-

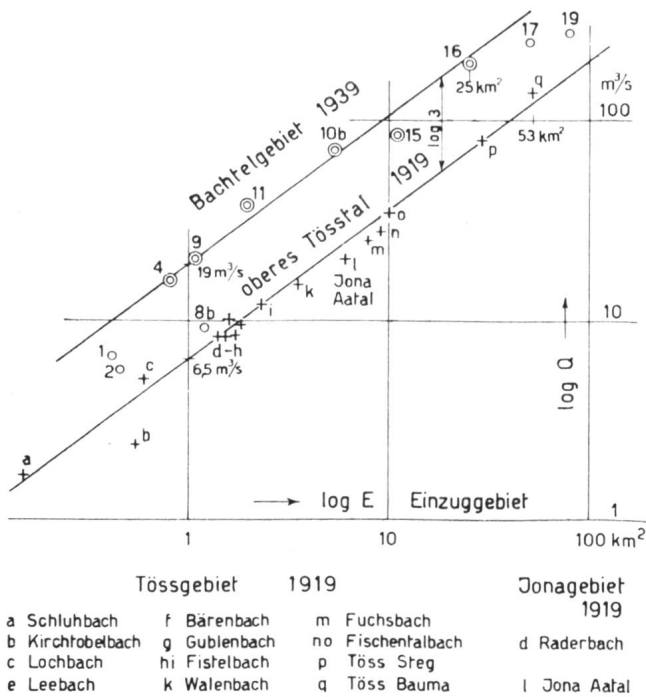


Abb. 3 Grösster Durchfluss und Einzugsgebiet bei gleichmässig verteiltem Niederschlag

baches die Hochwasserspitze des Hauptgewässers am Zusammenflusse eintrifft. Aus der Formel ergibt sich

$$\log Q = \log Q_1 + \mu \log E$$

Tragen wir für unsere Wassermessungen  $\log E$  und  $\log Q$  in rechtwinkligen Koordinaten auf, so müssen bei einem konstanten  $\mu$  die erhaltenen Punkte auf eine Gerade fallen, aus deren Neigung der Verhältnisexponent  $\mu$  abgemessen werden kann. Dass dies für die Meßstellen 4, 9, 11, 10<sub>b</sub> und 16, also für die Gewässerstrecken mit dem Bachtelgebiete als Haupteinzugsgebiet ordentlich zutrifft, ersieht man aus der logarithmischen Darstellung (Abb. 3). Eine mathematische Schärfe darf man nie erwarten, auch wenn die Wassermessungen fehlerlos wären. Es bestehen immer Unterschiede zwischen den einzelnen Einzugsgebieten hinsichtlich Form und Wasserabfluss und Unterschiede der Gerinne und der (noch zu betrachtenden) Wandergeschwindigkeiten der Spitzen. Deutlicher zeigt sich das Gesetz, wenn auch andere Fälle herangezogen werden. Es sind daher in der Darstellung noch die Verhältnisse des Hochwassers im Gebiete der Jona und der oberen Töss vom 8. Juli 1919 eingetragen, eines Hochwassers von einer Stärke, die vielleicht in 20 Jahren einmal am selben Gewässer vorkommt.

In Bauma, am Rande des Gebietes und an dessen tiefster Stelle, betrug die Niederschlagshöhe 74 mm, davon 66 mm in den ersten 100 Minuten. Die Töss in Bauma (53 km<sup>2</sup>) erreichte ihren Höchststand von 1,70 m eine Stunde 10 Minuten nach Beginn des Regens. Die Jona führte damals bei Aatal (Punkt 14)

ebensoviel Wasser wie am 25. August 1939. Die Regenstärke war 1919 wesentlich geringer als 1939, erstreckte sich dagegen auf 60 km<sup>2</sup> oder auf ein doppelt so grosses Gebiet. Die Rutschungen an den Hängen waren damals ebenso ausgedehnt wie 1939 im Bachtelgebiete. Es ist dies im übrigen eine Erscheinung, die sich in diesen Gebieten ständig wiederholt und von den Einwohnern Läuener (Lawinen) genannt wird (Gebr. Gust. und Friedr. Hegi, Das Tösstal, Zürich 1913, behandelt auch das Jonatal). Die gesamte Darstellung zeigt deutlich das Potenzgesetz. Die Neigung beider Geraden beträgt rund 0,75, ihr Höhenabstand  $\log 3$ . Das Hochwasser 1939 hatte den dreifachen grössten Abfluss zur Folge als das von 1919. Dass das Verhältnis  $\mu$  nicht immer genau die selbe Zahl sein kann, wurde schon angedeutet. Jede Verzögerung der Wandergeschwindigkeit der Welle verkleinert  $\mu$ , meistens auch die Konstante  $Q_1$ . Die Formeln lauten

$$\text{für 1939 } Q = 19 \text{ m}^3/\text{sek} \cdot E^{0,75}$$

$$\text{für 1919 } Q = 6,5 \text{ m}^3/\text{sek} \cdot E^{0,75} \quad E \text{ in km}^2$$

Beide Formeln gelten nur für das engere Gebiet des stärksten Regenfalles. Für die Jona im Widacker (17) und an der Seemündung (19) mit verschiedenartigen Regengebieten gilt sie nicht mehr.

Diese Formel bestätigt die alte Formel von Stadt-ingenieur A. Bürkli-Ziegler, Zürich (W. Wenner, «Kanalisation», im schweiz. Ing.-Kalender), in unserer Form geschrieben

$$Q = Q_1 E \sqrt[4]{\frac{G}{E}} = Q_1 E^{0,75} G^{1/4}$$

Darin ist  $G$  das Gefälle des Gebietes. Bei ähnlicher Form der Einzugsgebiete ist der mittlere Weg des Wassers bis zur Meßstelle und die Zeit  $t$  des Durchflusses verhältnissgleich  $\sqrt{E}$ . Ist die Wassergeschwindigkeit in den Gerinnen verhältnissgleich  $\sqrt{G}$ , so ist die Durchflusszeit  $t$  verhältnissgleich  $\sqrt{\frac{E}{G}}$ . Die Faustregel von Bürkli entspricht diesen Verhältnissen.

Frühling («Entwässerung der Städte») geht von der willkürlichen Voraussetzung aus, dass auch ein Schlagregen seine Stärke eine gewisse Zeit unverändert beibehält. Die Höchstwassermengen der Gerinne eines entsprechenden Teiles des Gebietes würden danach am Sammelpunkte genau gleichzeitig eintreffen, ohne ihre Stärke ständig zu ändern. In Wirklichkeit geht die Veränderung der Regenstärke bei heftigen Regen ausserordentlich rasch vor sich. Daraus geht hervor, dass die Potenzformel auch für die kleinsten Wassergerinne noch gelten kann, aber nicht für die kleinste Fläche (z. B. m<sup>2</sup>), sondern nur für die Gerinne, in der das Wasser der kleinen Flächen nicht gleichzeitig, sondern hintereinander eintrifft.

Für einen Graben, der das Wasser von 1 ha abführt, ergibt sich aus der Formel für 1939 der grösste Zufluss.

$$Q = 19 \cdot 0,01^{0,75} = 19 \cdot 10^{-1,5} = 0,60 \text{ m}^3/\text{sek}$$

Für diese Hektare ergibt sich eine grösste Abflusshöhe von  $0,06 \text{ mm}/\text{sek} = 3,6 \text{ mm}/\text{Minute} = 216 \text{ mm}/\text{Stde.}$  Da das Wasser von den äussersten Enden der ha rund 1 Minute braucht bis zur Sammelstelle, musste somit der Niederschlag bei schon gesättigtem Boden eine Minute lang stärker als 3,6 mm sein. Diese Rechnung soll nur zu einem rohen Vergleich der Abflussformeln mit den gemessenen Niederschlagshöhen dienen, wobei für 1919  $\frac{1}{3}$  vorstehender Abflusshöhe gilt, 1,2 mm/Minute.

Ueber die Wandergeschwindigkeit der «Spitze» der Hochwasserwelle soll kurz einiges erläutert werden. Diese Spitze (die nicht mit dem vorauseilenden Kopfe eines kräftigen Schwalles mit starkem Spiegelgefäll verwechselt werden darf) wandert rascher talwärts als die mittlere Wassergeschwindigkeit und meistens auch rascher als die grösste Geschwindigkeit des Querschnittes, weil das langsamer vorausfliessende Wasser vom nachfolgenden schneller fliessenden zusammengeschoben wird, bis der voraus gelegene Wasserspiegel auf die Höhe der Welle gehoben ist. Je breiter ein Gerinne ist, um so geringer ist die Wassertiefe und die mittlere Geschwindigkeit. Für einen Querschnitt mit flachen Böschungen benötigt es ein grösseres Wasservolumen, um den voraus liegenden Querschnitt aufzufüllen. Eine kleine Wandergeschwindigkeit der Spitze im Hauptgewässer bewirkt eine Vergrösserung des Zeitunterschiedes im Eintreffen der beiden grössten Zuflüsse an der Mündung eines Seitenzuflusses mit kurzem Laufe und damit einen geringeren grössten Durchfluss unterhalb. *Der Mensch kann daher die Grösse des stärksten Durchflusses unter Umständen wesentlich beeinflussen.* Mit breiten Gerinnen und flachen Böschungen vermindert er den grössten Durchfluss (das Verhältnis  $\mu$ ), mit starker Einengung des Flussbettes, insbesondere durch hohe Ufermauern, verstärkt er ihn. Am schlimmsten wirken Bachverbauungen, die frühere Ueberflutungen auch in ausserordentlichen Fällen gänzlich verhindern. In unserm Gebiet haben früher die Schwarz und der Hinwilerbach Land überflutet.

Eine zweite logarithmische Darstellung der Hochwasserspitzen im Verhältnis zum Einzugsgebiete (Abb. 4) zeigt die *stärksten Hochwasser* des Verhältnisses  $\frac{Q}{E}$  der letzten Jahre in der Schweiz, soweit sie im hydrographischen Jahrbuche der Schweiz 1938 enthalten sind. Da diese Angaben bei der Mehr-

zahl der Gewässer nur auf wenige Jahre (höchstens 35 Jahre und im Mittel weniger als 20 Jahre) zurückgreifen, sind die ganz ausserordentlichen Hochwasser spärlich enthalten. Zu bedauern ist, dass das eidg. Amt für Wasserwirtschaft seine Erhebungen in der Mehrzahl auf grössere Gewässer mit Einzugsgebieten über 300 km<sup>2</sup> beschränkt. Man vermisst eine systematische Untersuchung über die kleinen und kleinsten Gewässer irgend eines einzelnen Flussgebietes von einheitlicher Beschaffenheit. Ein solches einheitliches Flussgebiet ist das Wallis. Ich habe daher in der Darstellung auch alle grössten Hochwasser dieses Gebietes sowie der Arve eingezeichnet. Dabei ist zu beachten, dass bei einzelnen Gewässern die Beobachtungen nur 9 bis 17 Jahre zurückreichen. In der Darstellung wurden als Einzugsgebiete die Gletschergebiete nicht mitgerechnet, da der Wasserabfluss von Schneefeldern und Gletschern bei starken Niederschlägen im Sommer nicht wächst, sondern sinkt. Zu unterst in der Darstellung findet man die grössten Hochwasserspitzen der fünf Flüsse mit dem kleinsten Verhältnis  $\frac{Q}{E}$ , wenn man die Flüsse ausser-

acht lässt, deren Hochwasser durch Seen wesentlich gemildert wird. Die Hochwasser dieser fünf Flüsse sind acht- bis zehnfach kleiner als die stärksten Hochwasser der Schweiz.

Die allerstärksten Hochwasser waren am oberen Rhein, im Tessin und im Bergell, also in zusammenhängenden Gebieten mit sehr grossen jährlichen Niederschlägen. Mit Ausnahme der Moesa fanden sie gleichzeitig im September 1927 statt. Damals durchbrach der Rhein den rechten Damm gegen den tiefen Talboden im Fürstentum Lichtenstein. Auch zwei Flüsse mit den geringsten Verhältnissen  $\frac{Q}{E}$ , die Lan-

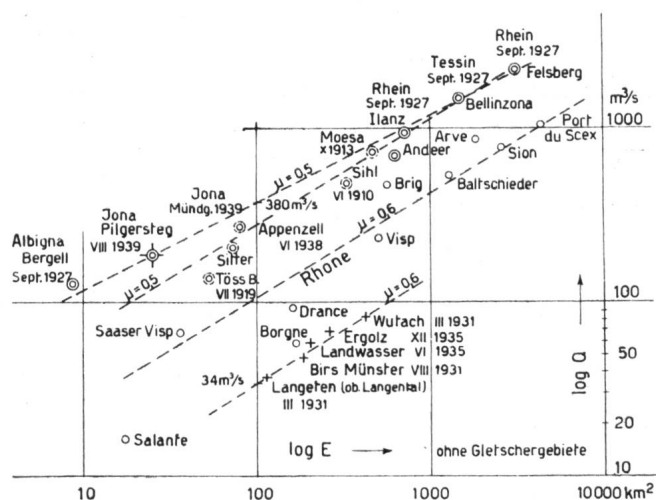


Abb. 4 Die stärksten Hochwasser  $\frac{Q}{E}$  der Schweiz seit 1913, (oben).

Die grössten Hochwasser an den Messorten im Gebiete der Rhone, (Mitte).

Die grössten Hochwasser an Flüssen ohne Seen mit den kleinsten  $\frac{Q}{E}$  (unten).

(Bei der zweitobersten Geraden soll es heissen:  $\mu = 0,6$  statt  $0,5$ .)

geten bei Langenthal und die Wutach (Grenzfluss zwischen Schaffhausen und Deutschland), führten zu gleicher Zeit, März 1931, das stärkste Hochwasser als Folge eines aussergewöhnlich starken Schneefalles (in Zürich 122 mm Niederschlagshöhe in sieben Tagen). Damit soll gezeigt werden, dass die starken Hochwasser dadurch zustandekommen, dass der Niederschlag zum grossen Teil oberflächlich den Gewässern zufliesst und nur zum kleinen Teil auf dem Umwege durch Erdschichten und Quellaustritte.

Die Darstellung enthält schliesslich noch drei Geraden von der Neigung  $\mu = 0,6$  und eine oberste Gerade  $\mu = 0,5$ . Diese etwas willkürlichen Neigungen sollen nur andeuten, wie angenähert das Verhältnis ist, mit dem das grösste Hochwasser entsprechend der Zunahme des Einzugsgebietes wächst. Wie im dritten Teile gezeigt wird, darf man überhaupt nicht von einem grösstmöglichen Hochwasser sprechen. Man müsste das Verhältnis  $\mu$  umständlich bestimmen durch eine vorgehende Ermittlung der Häufigkeiten der Hochwasser und die Punkte gleicher Häufigkeiten miteinander verbinden.

In Rheinards Kalender für Strassen- und Wasserbau findet sich eine Tafel der grössten Hochwasserspitzen für mittlere Verhältnisse, berechnet von

C. Pascher, Inspektor der österreichischen Staatsbahnen, Wien. Sie ist nach vier verschiedenen Formeln berechnet, die sich auf kleine, mittlere und auf sehr grosse Einzugsgebiete von 1 km<sup>2</sup> bis 100 000 km<sup>2</sup> (Donau Wien) beziehen. Man erhält beinahe dieselben Werte wie nach diesen verschiedenen Formeln für Gebiete über 50 km<sup>2</sup> mit der Einheitsformel

$$Q = 30 \text{ m}^3/\text{sek } E^{1/2}.$$

Damit erhält man z. B. (H.W. 1939)  
für 25 km<sup>2</sup> (Pilgersteg) 150 m<sup>3</sup>/sek (190 m<sup>3</sup>/sek)  
für 81 km<sup>2</sup> (Jonamündung) 270 m<sup>3</sup>/sek (270 m<sup>3</sup>/sek)

Vorher haben wir für die engern Gebiete am Bachtel 1939 und an der Töss für je einen *Einzelfall* in Gebieten von überall ähnlichen Verhältnissen  $\mu$  zu 0,75 ermittelt als Folge des ungleichzeitigen Eintreffens der Spitzen. Betrachtet man nicht mehr einen einzelnen Fall, sondern *viele Fälle in einem Flussgebiete*, das nicht mehr überall ähnlich beschaffen ist (verschiedene Steilheit, verschiedene jährliche Regenhöhen usw.) so muss der Exponent  $\mu$  hierfür kleiner sein als für einen Einzelfall. Für jedes einzelne Gebiet ergibt sich ein besonderer Wert, der nur durch Erfahrungen bestimmt werden kann.

(Fortsetzung folgt)

## Die Abwasserkläranlage für das Gaswerk der Stadt Zürich

Von Dipl.-Ing. M. Wegenstein, beratendem Ingenieur, Zürich.

Die Verschmutzung der Limmat unterhalb der Stadt Zürich durch die Einleitung von häuslichem, gewerblichem und industriellem Abwasser hat in den letzten Jahren ein Ausmass erreicht, das zum Aufsehen mahnt. Durch den Bau des Kraftwerkes bei Wettingen hat sich dieser Zustand derart verschlimmert, dass einerseits die Stadt Zürich sich gezwungen sieht, ihre bestehende Kläranlage beim Werdhölzli zu vergrössern und durch eine biologische Nachklärung zu ergänzen, und andererseits alle flussabwärts liegenden Gemeinden und grösseren Fabriken für möglichst weitgehende Reinigung ihrer Abwässer vor deren Einleitung in die Limmat besorgt sein müssen.

Als erstes industrielles Unternehmen an der Limmat hat das Gaswerk der Stadt Zürich, nach Abschluss mehrjähriger Studien, eine moderne Kläranlage zur Reinigung seiner Abwässer nach den Projekten des Verfassers gebaut. Es handelt sich hierbei um die erste Anlage ähnlicher Art in der Schweiz. Eine kurze Beschreibung dürfte von allgemeinem Interesse sein.

Vor Beginn der Projektierungsarbeiten wurden genaue Abwasseruntersuchungen und -messungen in der Zeit vom 25. bis 27. Oktober 1937 während 49 Stunden ununterbrochen durchgeführt (siehe Abb. 1). Bei dem damals herrschenden Trockenwetter ergab sich ein mittlerer Abwasseranfall von 96,7 l/sek, aufgerundet 100 l/sek oder 8640 m<sup>3</sup>/Tag. Die mechanische Verschmutzung des Abwassers im Gaswerk besteht in der Hauptsache aus Koks- und Kohlenstaub, der nach Untersuchung im Gaswerk-laboratorium folgende Siebanalyse aufweist:

|                                |        |
|--------------------------------|--------|
| gröber als 1 mm                | 8,9 %  |
| Korn $\varnothing$ 0,3—1 mm    | 8,7 %  |
| Korn $\varnothing$ 0,06—0,3 mm | 4,9 %  |
| feiner als 0,06 mm             | 77,5 % |

Das Abwasser enthält im Mittel 1 cm<sup>3</sup>/lit. Schmutzstoffe. Der mittlere ph-Wert (Wasserstoffjonenkonzentration) ist 7,4, die mittlere Temperatur des Abwassers ergab sich mit 27° C.

Die Verunreinigung des Abwassers durch häusliche Abgänge aus Spülaborten, Küchen, Wasch-