

# Abflussmessung an kleinen Fließgewässern: neue Mess- und Auswertemethoden im Kanton Zürich

Autor(en): **Kaspar, Heinz**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **113 (1995)**

Heft 38

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-78776>

## **Nutzungsbedingungen**

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

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

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

## **Haftungsausschluss**

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

ASIC-Artikelreihe: Neuzzeitliche Aufgaben

Heinz Kaspar, Zürich

## Abflussmessung an kleinen Fließgewässern

Neue Mess- und Auswertemethoden im Kanton Zürich

**Mit dem Hydrologischen Jahrbuch Oberflächengewässer veröffentlicht der Kanton Zürich neben anderen hydrologischen Daten die Abflussmengen von Fließgewässern. Die Abflussmessung war schon zur Zeit der Jahrhundertwende weit fortgeschritten und hat sich im Prinzip nicht verändert. Gegenüber früher werden jedoch erhöhte Anforderungen an die Niedermessung gestellt und einen möglichst geringen Personalaufwand angestrebt. Die Messstationen haben heute auf die Lebewesen im Wasser Rücksicht zu nehmen und müssen sich unauffällig im Landschaftsbild integrieren. Mit neuartigen Messschwellen sowie EDV-unterstützten Mess- und Auswertemethoden ist es gelungen, diese Ziele weitgehend zu erreichen.**

### Prinzip der Abflussmessung

Obwohl heute zahlreiche physikalische Gesetze erforscht sind und bei der Abfluss-

messung Verwendung finden, hat sich für die Fließgewässer noch keine neue Methode durchgesetzt. Seit über hundert Jahren wird mit einem Lattenpegel der Pegelstand im Gewässer gemessen, weshalb oft auch von Pegelstationen die Rede ist. Erst die rechnerisch oder grafisch herzuleitende Pegelrelation, auch Pegelstands-Abflussbeziehung genannt, kann dem Pegelstand die entsprechende Abflussmenge zuordnen. Am zweckmässigsten ist der Pegelstand daher hinter einer Messschwelle zu messen, wo die Pegelrelation rechnerisch gut erfassbar ist und über eine möglichst lange Zeit unverändert bleibt. Zur Bestimmung der Pegelrelation benötigt man neben hydraulischen Berechnungen auch Eichmessungen mit dem Messflügel oder anderen Messmethoden.

Eine Abflussmessstation besteht somit aus einem Lattenpegel und wenn immer möglich einer Messschwelle. Hinzu kommen Geräte, welche in einem Gerätekasten oder in benachbarten Gebäuden installiert sind, zur Messung und Registrierung des Pegelstandes. Bei Hochwasser ist für Eichmessungen mit dem Messflügel eine Brücke

oder ein Steg nötig. Spezielle Höhenfixpunkte dienen der Versicherung des Lattenpegels.

### Gestaltung der Messschwelle

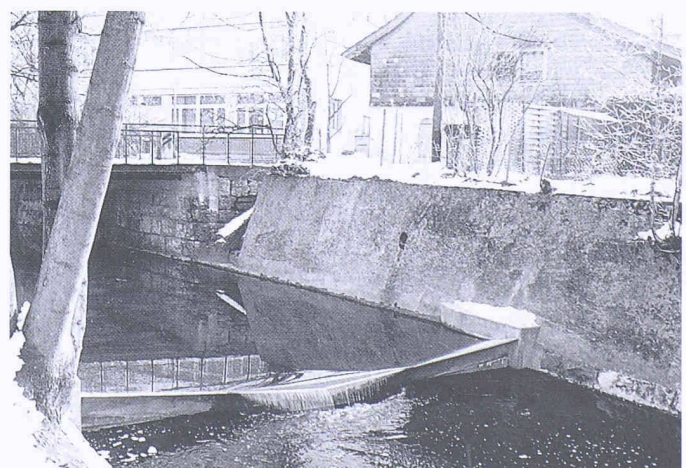
Das einfache Prinzip mit der Umrechnung des Pegelstandes in die Abflussmenge stellt hohe Anforderungen an die Form der Messschwelle. Zum einen soll die von der Messschwelle abhängige Pegelrelation unabhängig vom Geschiebe, der Verkräutung und einem allfälligen Einstau über eine möglichst lange Zeit gleich bleiben. Zum andern hat der Pegelstand im Verhältnis zur Abflussmenge möglichst empfindlich zu reagieren, um mit einer hohen Auflösung die Auswirkungen von Pegelungenauigkeiten zu minimieren. Zudem ist die Messschwelle sowohl für die kleinsten und mittleren Abflüsse als auch für die geschiebeführenden Hochwasser auszubilden.

Neben den messtechnischen Anforderungen hat die Messschwelle auch die Ansprüche der Fische und der Kleinlebewesen zu erfüllen und sich gut ins Landschaftsbild einzufügen. Die ins Gewässer einmündenden Dränagen dürfen bei Niedermessung nicht eingestaut werden. Und nicht zuletzt darf die Messschwelle mit ihrem Rückstau an empfindlichen Orten im Siedlungsgebiet die Hochwassersicherheit nicht verkleinern.

Im hügeligen Zürcher Oberland sind die Messschwellen dank den grossen Bachgefallen relativ einfach zu konstruieren. Oft können alte Wehre von ehemaligen Wasserkraftanlagen oder Schwellen von Bach-



**Bild 1.** Die neue Messstation am Näfbach bei Neftenbach. Die Messschwelle mit der freien Überfallströmung wurde als Betonscheibe neben dem Bach erstellt und dann mit einem Kran millimetergenau versetzt. Der freie Kolk unter dem Wasserstrahl ist über 1,3 m tief und bildet einen willkommenen Lebensraum für die Fische. Die Stabilität der Schwelle und der Ufer ist durch den Blocksatz aus schweren Steinen gewährleistet. Das senkrechte Rohr neben den Steinen dient der Belüftung des Wasserstrahles. Über der Treppe mit dem schrägen Lattenpegel befindet sich der Gerätekasten mit den Sonnenkollektoren für die Mess- und Registriergeräte



**Bild 2.** Die neue Messschwelle der Station am Widbach in Wetzikon. Gut sichtbar ist die V-förmige Überfallkante aus Stahlprofilen mit den seitlichen Banketten zur Belüftung des Wasserstrahles während kleinen Hochwassern. Bei grossen Hochwassern ist ohne Belüftung noch ein Fließwechsel gewährleistet. Die Schwelle ist als auskragende Platte konstruiert und bildet so hinter dem Wasserstrahl einen Unterschlupf für die Fische. Weitere Fischrischen befinden sich im Kolk seitlich unter den Ufermauern. Mit der neuen Messschwelle konnte das kanalisierte Bachgerinne lokal etwas aufgewertet werden

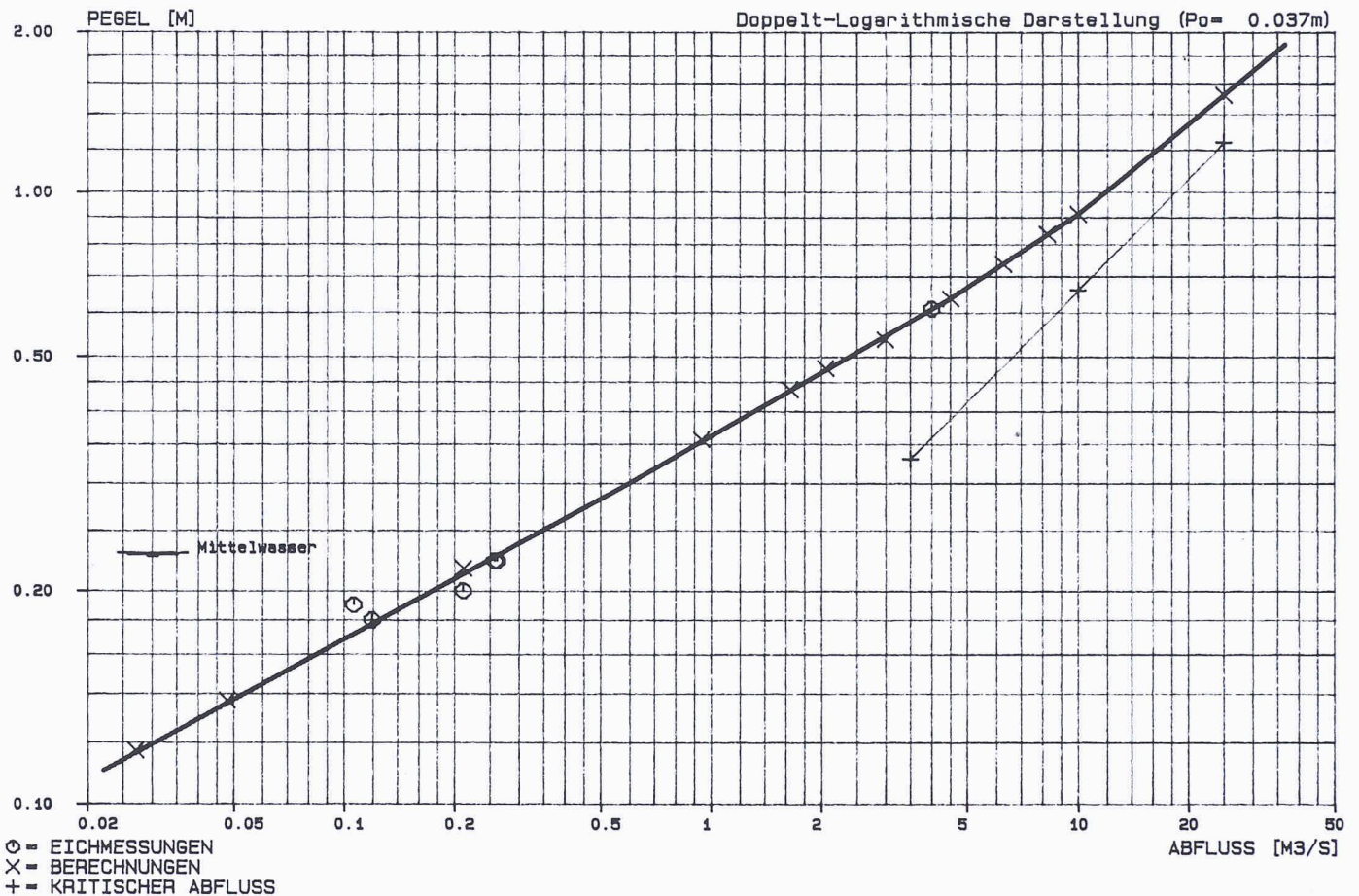


Bild 3.

Doppeltlogarithmische Darstellung einer Pegelrelation, welche jedem Pegelstand eine Abflussmenge zuordnet. Die Pegelrelation ist optimal den mit Kreissymbolen dargestellten Eichmessungen angepasst. Die X-Symbole stellen hydraulische Berechnungen zur Extrapolation in die Hoch- und Niederwasserbereiche dar. Die Linie der kritischen Abflüsse liegt weit tiefer

als die Pegelrelation und weist somit klar strömende Abflussverhältnisse beim Lattenpegel aus. Die Pegelrelation ist zeitlich begrenzt; für die nachfolgende Zeit ist sie geringfügig den neuen Eichmessungen anzupassen. Zur praktischen Anwendung wird die Pegelrelation zusätzlich als Tabelle ausgedruckt

verbauungen umgebaut werden. Wesentlich schwieriger ist die Gestaltung einer Messschwelle im Flachland, wo nur wenig Gefälle zur Verfügung steht. In solchen Fließgewässern hat sich seit neuerem eine einseitig abgerundete und mit einer Stahlkante versehene schmale Betonschwelle

mit freiem Wasserstrahl bei Niederwasser gut bewährt. Gegenüber anderen Messstrukturen mit grossen seitlichen Staukörpern zur Einengung des Gerinnes fallen die neuen Messschwellen kaum auf.

Mit dem tiefen Kolk und der kleinen Fallhöhe erfüllen sie zudem die Belange der

Fischerei weitgehend. Die Hochwassersicherheit ist gewährleistet, sofern die Messschwelle nicht allzu hoch ist und keinen Rückstau verursacht. Dies ist der Fall, wenn die Schwellenhöhe nur rund einen Viertel der Hochwasserabflusstiefe ausmacht.

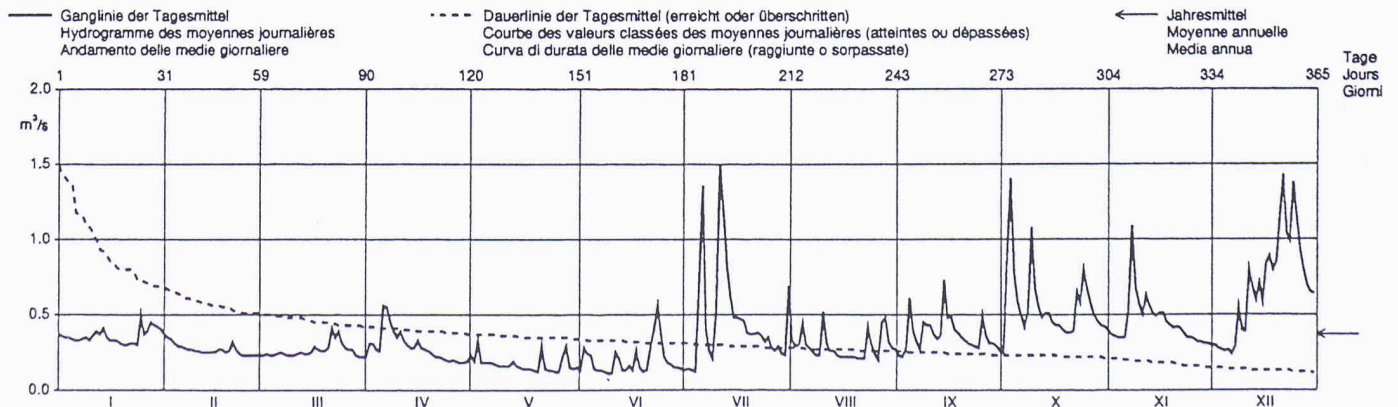


Bild 4.

Darstellung einer Ganglinie und einer Dauerkurve der mittleren täglichen Abflüsse in m<sup>3</sup>/s für die Dauer eines Jahres (12 Monate). Das Jahresmittel

ist am rechten Rand aufgetragen. Die Abbildung stammt aus dem Hydrologischen Jahrbuch Oberflächengewässer des Kantons Zürich

Die neuen Messschwellen werden meistens V-förmig ausgebildet, um bei kleinen Abflussmengen eine möglichst grosse Auflösung zu erreichen. Dabei ist die Neigung der Kanten mit Hilfe der Fehlertheorie auf die Genauigkeitsanforderungen auszurichten, wozu allerdings das Abflussregime bekannt sein muss. Steigt die Schwellenkronenstromabwärts betrachtet leicht an, so ist bei Niederwasser die Überfallströmung weniger von Steinen oder festgewachsenen Pflanzen im Messschwellenbereich beeinflusst, was die Zuverlässigkeit der Messungen wesentlich verbessert. Im weiteren ist mit Belüftungsrohren oder seitlichen Banketten für eine gute Belüftung des Wasserstrahls zu sorgen.

Sind die seitlichen Uferbefestigungen genügend tief fundiert, so kann beim Wasserstrahl eine freie Kolkbildung zugelassen werden. Dieser Lebensraum für die Fische dehnt sich hinter dem Wasserstrahl aus, wenn die Messschwelle nicht aus einer senkrechten Scheibe, sondern aus einer auskragenden Platte besteht.

Im Oberwasser kann grundsätzlich ebenfalls eine freie Sohlenbildung zugelassen werden. Für Eichmessungen mit dem Messflügel wäre aber oft eine betonierte, ebene Sohle wünschenswert. Diese Sohle darf nicht zu tief liegen, um Geschiebeablagerungen zu vermeiden und eine minimale, noch messbare Fließgeschwindigkeit zu erzeugen. Andererseits würde eine zu hoch liegende Sohle zu welligen oder sogar kritischen Niederwasserabflüssen mit erschwerter Pegelmessung führen.

### Messgeräte

Zur automatischen Pegelmessung finden im Kanton Zürich drei verschiedene Methoden Anwendung, welche ungefähr gleichwertige Messungen liefern, sich aber wesentlich im Funktionsprinzip und in den Installationsaufwendungen unterscheiden. Die Wahl ergibt sich jeweils nach den vorhandenen Rahmenbedingungen. Die älteste Methode repräsentieren die Schwimmergeräte, welche ohne elektrischen Netzanschluss funktionieren. Der lediglich durch die Kraft der Schwimmer angetriebene Schreiber zeichnet bei diesen Geräten den Pegelstand auf einem Papierstreifen auf. Die Schwimmer sind leider anfällig auf Einfrieren im Winter und Versanden während geschiebeführenden Hochwassern.

Die zurzeit gebräuchlichste Methode besteht aus dem Perlverfahren, bei dem über eine Rohrleitung Luftblasen im Wasser ausgeperlt werden. Der dafür benötigte Luftdruck im System wird gemessen und in elektrische Signale zur Ansteuerung von

Anzeige- und Registriergeräten umgewandelt. Die Rohrleitung ermöglicht es, die empfindlichen Geräte hochwassersicher in einiger Entfernung zum Gewässer aufzustellen. Der benötigte Strom kann mit Sonnenkollektoren erzeugt werden, falls ein Netzanschluss unwirtschaftlich ist.

Die dritte Methode ist dem Perlverfahren ähnlich. Anstelle des Luftdruckes im System wird der Wasserdruck direkt mit einer Druckdose im Gewässer gemessen. Dieses einfache Prinzip hat den Nachteil, dass die Druckdose den starken Hochwasserströmungen und dem Geschiebe ausgesetzt ist und geschützt werden muss.

### Herleitung der Pegelrelation

Die Ausarbeitung, Überprüfung und Nachführung der Pegelrelationen ist ein wesentlicher Kostenfaktor beim Betrieb der Messstationen. Abrasionsbedingte kleine Veränderungen an der Messschwelle oder auch Gerinneveränderungen durch geschiebeführende Hochwasser können die Abflusshöhen beim Lattenpegel beeinflussen, was durch Anpassen der Pegelrelation zu korrigieren ist. Bei den neuen Messschwellen zeigen sich relativ stabile Verhältnisse; kleine Änderungen sind jedoch bei Neubauten, wo unebene Flächen und vorstehende Kanten relativ rasch abgeschliffen werden, zu erwarten.

Das weitaus wichtigste Hilfsmittel bei der Herleitung der Pegelrelation sind die Eichmessungen mit dem Messflügel, mit gleichzeitiger Bestimmung der Abflussmenge und des Pegelstandes. Solche Eichmessungen sind für mittlere Abflussmengen meistens in genügender Anzahl vorhanden, nicht aber für extreme Abflussmengen, weil solche jeweils nur kurze Zeit auftreten und deshalb schwierig zu erfassen sind. In den Nieder- und Hochwasserbereichen muss die Pegelrelation deshalb mit hydraulischen Berechnungen extrapoliert werden, was eine genaue Vermessung des Abflussgerinnes und der Messschwelle voraussetzt.

Wie alle Messungen sind auch die Abflussmessungen an den Fließgewässern mit zufälligen Fehlern behaftet. Die Grösse dieser Fehler lassen sich mit der gängigen Fehlertheorie und den in den Normen festgelegten Fehlergrössen berechnen. Bei sehr grossen Hochwassern ist es üblich, einen Bereich anzugeben, in welchem die tatsächliche Abflusspitze mit grosser Wahrscheinlichkeit liegt. Bei mittleren Abflussmengen oder auch bei der Bestimmung der mittleren Jahresabflussmenge sind die Fehler um ein Vielfaches kleiner. Dies, weil bei Mittelwasser beliebig viele und sehr genaue

Eichmessungen möglich sind. Ähnliches gilt für kleine Wasserführungen.

### Auswertung der Abflussmessungen

Die von den Geräten aufgezeichneten Pegelstandsganglinien müssen visuell überprüft und wo nötig korrigiert werden. Fehlaufzeichnungen treten im Winter bei eingefrorenen Messgeräten und im Sommer infolge badender Kinder oder auch Unterhaltsarbeiten im Gewässer auf. Ausfälle kommen bei Unterbrüchen in der Stromversorgung oder bei Verstopfungen durch Geschiebe während Hochwasser vor. In solchen Fällen sind die Pegelstandsganglinien mit Hilfe von benachbarten Stationen zu rekonstruieren, unterstützt durch Ablesungen des Lattenpegels während dem Hochwasser oder nachträglichem Einmessen von Hochwasserspuren.

Im hydrologischen Jahrbuch sind von jeder Station die Abflussdaten auf einer Seite zusammengefasst. Diese enthält die Tagesmittel der Abflüsse in einer Tabelle und als Ganglinie graphisch dargestellt sowie die monatlichen Abflussspitzen. Hinzu kommen Angaben zur Abflussdauerkurve sowie ein Überblick der ganzen Messperiode.

### Schlussbemerkung

Die Abflussmessung an Fließgewässern ist im Kanton Zürich auf einem hohen Stand. Die gewonnenen Daten dienen in vielfältiger Weise als Grundlage von wissenschaftlichen Untersuchungen, welche beim Vollzug des Gewässerschutzes und bei der Erforschung des Wasserkreislaufes, nicht zuletzt auch im Hinblick auf unsere Trinkwasserversorgung, nötig sind. Andere Anwendungen sind die Dimensionierung von Hochwasserschutzmassnahmen, Brücken und ähnlichen Bauten. Der Bau und Betrieb der Abflussmessstationen ist eine Aufgabe, welche durch den Staat wahrgenommen wird. Verantwortlich dafür ist die Abteilung Wasser- und Energiewirtschaft des kantonalen Amtes für Gewässerschutz und Wasserbau, wo auch das Jahrbuch bezogen werden kann.

Adresse des Verfassers:

Heinz Kaspar, Dipl. Ing. ETH/SIA, Basler & Hofmann, Ingenieure und Planer AG, Mitglied ASIC, 8029 Zürich.