Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 94 (1976)
Heft: 35

Artikel: Trenduntersuchungen am Abfluss von vier Schweizer Flüssen
Autor: Storchenegger, I. / Widmoser, P.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-73154

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: 10.07.2025

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

HERAUSGEGEBEN VON DER VERLAGS-AKTIENGESELLSCHAFT DER AKADEMISCHEN TECHNISCHEN VEREINE, 8021 ZÜRICH, POSTFACH 630

Trenduntersuchungen am Abfluss von vier Schweizer Flüssen

Von **I. Storchenegger** und **P. Widmoser**, Zürich[1])

DK 551.482.4

Vier unterschiedliche Einzugsgebiete wurden auf trendmässige Änderungen in ihrem Abflussverhalten untersucht. In zwei Gebieten wurden Veränderungen nachgewiesen. In einem weiteren Fall ist sie andeutungsweise vorhanden, aber statistisch nicht belegbar. Mögliche Erklärungen werden überlegungsmässig ohne weiteren Nachweis gegeben. Da diese Trends aber für die Wassernutzung langfristig bedeutsam sind, wäre eine nähere Untersuchung der Ursachen sicher angebracht. Es wird deutlich, dass jedes Einzugsgebiet seine besonderen Eigenheiten aufweist (Auswirkung der Fremdwasserzufuhr bei der Glatt, des Bodensees beim Rhein).

Trends

Stationäre Naturvorgänge liegen im allgemeinen nicht starr bei einem Festwert, sondern pendeln «mehr oder weniger zufällig» um einen «häufigsten» Wert. Bei vielen Naturbeobachtungen hängt zudem der Betrag dieses Wertes auch vom Beobachtungszeitraum ab. Winter-, Sommer- und Jahresabflüsse sind z.B. im langjährigen Mittel verschieden. Die Jahreszeiten bewirken periodische Schwankungen. Zufällige und periodische Schwankungen können, oft unter menschlichem Einwirken, noch zusätzlich von einer nicht zufälligen und nicht periodischen Komponente, nämlich einem Trend, geprägt sein. Die Angabe der Zeitdauer, über welche eine Trenduntersuchung durchgeführt wurde, ist daher wesentlich (Bild 1). Innerhalb dieses Zeitabschnittes gilt der Naturvorgang als instationär.

Untersuchte Gewässer

Für vier Schweizer Flüsse (Tabelle 1) wurden die jährlichen Mittelwassermengen MQ, NQ^{90}, NQ^{95} und die jährlichen Niedrigstwassermengen NNQ (Tagesmittel) auf Trend hin untersucht. NQ^{90} und NQ^{95} stehen für Niederwasserwerte, welche mit einer Häufigkeit von 90% und 95% unterschritten werden. Eine zeitliche Übersicht über die vorhandenen Daten gibt Tabelle 2.

In diesen Flussgebieten war in den angegebenen Zeiträumen das Ausmass menschlicher Einflüsse unterschiedlich

Tabelle 1. Untersuchte Flüsse

Gewässer	Gewässerstelle	Grösse in km²	Anmerkung
Kleine Emme	Einzugsgebiet bis Punkt 647850/209400	rd. 500	geschätzt nach Station Malters
Glatt	Mündung in den Rhein	rd. 300	aufgrund der Stationen Schwerzenbach und Rümlang
Rhone	Porte du Scex	5220	
Rhein	Rheinfelden	34606	
Rhein	St. Alban (Landesgrenze Basel)	35925	

Tabelle 2. Zeitliche Übersicht über die vorhandenen Daten

Wassermengen	1920	1930	1940	1950	1960	1970
Kleine Emme						
MQ: 1936 bis 1972						
NQ^{90}: 1955 bis 1972						
NQ^{95}: 1955 bis 1972						
NNQ: 1936 bis 1972						
Glatt						
MQ: 1948 bis 1970						
NQ^{90}: 1948 bis 1965						
NQ^{95}: 1948 bis 1965						
NNQ: 1948 bis 1970						
Rhône						
MQ: 1914 bis 1972						
NQ^{90}: 1955 bis 1972						
NQ^{95}: 1955 bis 1972						
NNQ: 1914 bis 1972						
Rhein-Rheinfelden						
MQ: 1936 bis 1972						
NQ^{90}: 1955 bis 1972						
NQ^{95}: 1955 bis 1972						
NNQ: 1936 bis 1972						
Rhein-St. Alban						
MQ: 1945 bis 1972						
NQ^{90}: 1955 bis 1972						
NQ^{95}: 1955 bis 1972						
NNQ: 1955 bis 1972						

[1]) Diese Arbeit entstand als Teilaufgabe im Rahmen der Untersuchung «Gewässerschutz 2000», einer Studie der EAWAG / Basler & Hofmann.

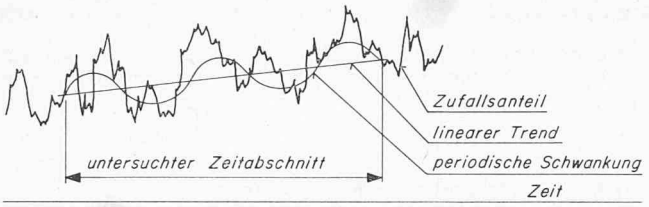


Bild 1. Untersuchter Zeitabschnitt

(siehe dazu Abschnitt «Deutung der Ergebnisse»). Die Gebiete unterscheiden sich auch nach Grösse, Topographie, Hydrologie usw.

Untersuchungsmethode

1. In einem ersten Schritt wurden die Datenreihen mit folgenden parameterfreien Prüfverfahren untersucht:

- *Iterationstest* (Kreyszig: Statistische Methoden und ihre Anwendungen, Göttingen 1968)
- *Zeichenfolge-* oder *Phasenhäufigkeitstest* (Kreyszig, wie oben)
- *U-Test von Wilcoxon* (Flussbaulaboratorium der Universität Karlsruhe, Mitteilung 158).

Die Tests liefern eine die Datenreihe charakterisierende Prüfgrösse, deren Unterschreitungswahrscheinlichkeit anhand einer entsprechenden Verteilungsfunktion bestimmt wird. Bei festgelegter Irrtumswahrscheinlichkeit (Signifikanzniveau), kann nun entschieden werden, ob die Hypothese einer stationären Datenreihe anzunehmen oder zu verwerfen sei.

Muss die Hypothese verworfen werden, so heisst dies allerdings nicht unbedingt, dass ein Trend auch tatsächlich vorhanden ist; es gilt als Warnzeichen, und die Stichprobe wurde in diesem Fall dann genauer auf diesen Aspekt hin untersucht. Da die verschiedenen Tests nicht in gleicher Weise auf die Eigenheiten der Datenreihe ansprechen, wurde auf Trend untersucht, wenn auch nur einer der Tests die Hypothese verwarf.

2. Weiter untersucht wurde nach dem üblichen Regressionsmodell (siehe Kreyszig, wie oben) auf linearen Trend nach dem Ansatz

$$(1) \qquad Q(T) = a \cdot T + b$$

und den Bezeichnungen: Q = Abfluss; T = Zeit in Jahren; a, b = durch Regression bestimmte Koeffizienten.

Linearer Trend wurde dann als vorhanden angenommen, wenn Tests den Korrelationskoeffizienten $r(Q, T)$ als verschieden von Null auswiesen (Signifikanzschwelle = 5%). Damit ist über die Beziehung

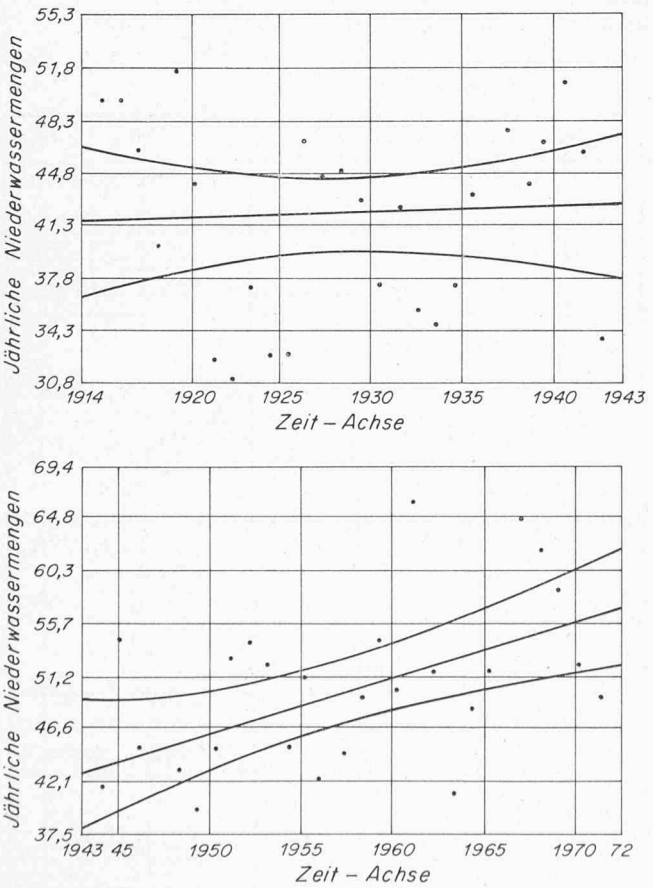
$$(2) \qquad a = r \cdot \frac{SQ}{ST}$$

mit SQ und ST als Standardabweichung von Q bzw. T auch der Koeffizient a in Gleichung (1) als verschieden von Null anzunehmen.

3. In einigen Fällen wurde auch auf signifikante Unterschiede in den Mittelwerten von verschiedenen Zeitabschnitten ein und derselben Datenreihe geprüft (Iterationstest, U-Test).

Ergebnisse

Tabelle 3 gibt die Ergebnisse der verschiedenen Tests wieder. Entsprechend dieser Ergebnisse wurde die Glatt, die Rhone und der Rhein auf Trend nach Gleichung (1) untersucht.



Bilder 2 und 3. Rhone: Porte du Scex. Trendgeraden, Beobachtungsweite und Vertrauensgrenzen von 1914 bis 1972

Tabelle 3. Unterschreitungswahrscheinlichkeit der Prüfgrösse

Wassermengen	Anzahl Werte	Signifikanzniveau = 5% Iterationstest	Zeichenfolge	U-Test	Folgerungen
Kleine Emme					
MQ	37	0,844	0,447	0,611	Stationäre Verhältnisse Homogene Daten
NQ^{90}	18	0,601	0,976	0,743	
NQ^{95}	18	0,601	0,578	0,729	
NNQ	37	0,373	0,297	0,661	
Glatt					
MQ	23	0,202	0,303	0,865	Homogene Daten Trend vorhanden
NQ^{90}	18	0,238	0,578	0,783	
NQ^{95}	18	0,238	0,163	0,823	
NNQ	23	0,044	0,061	0,989	
Rhone					
MQ 1914 bis 1972	59	0,119	0,014	0,961	Trend vorhanden
1915 bis 1943		0,131	0,325	0,637	
1944 bis 1972		0,358	0,011	0,895	
NQ^{90}	18	0,122	0,347	0,989	
NQ^{95}	18	0,109	0,058	0,982	
NNQ 1914 bis 1972	59	0,003	0,014	0,999	
1915 bis 1943		0,029	0,086	0,739	
1944 bis 1972		0,064	0,011	0,966	
Rhein (Rheinfelden)					
MQ	37	0,634	0,447	0,599	Stationäre Verhältnisse Homogene Daten
NQ^{90}	18	0,601	0,578	0,784	
NQ^{95}	18	0,601	0,578	0,740	
NNQ	37	0,048	0,002	0,731	
Rhein (St. Alban)					
MQ	28	0,720	0,780	0,705	Stationäre Verhältnisse Homogene Daten
NQ^{90}	18	0,601	0,578	0,778	
NQ^{95}	18	0,400	0,578	0,739	
NNQ	28	0,041	0,002	0,647	

Deutung der Ergebnisse

Kleine Emme

Im Beobachtungszeitraum von 18 bis 37 Jahren sind keine trendmässigen Änderungen nachzuweisen. Die relativ mässigen baulichen Veränderungen, beschränkt auf Hochbau und Verkehrswege, hielten in diesem vergleichsweise kleinen Einzugsgebiet (rund 500 km²) das hydrologische Gleichgewicht stationär.

Glatt

In diesem Gebiet (rund 300 km²) mit reger Bautätigkeit zeigt sich für alle Werte in den letzten 18 bzw. 23 Jahren eine Abflusszunahme von durchschnittlich 1 bis 2%/Jahr.

Die Zunahme der Niederwasser ist unerwartet, da sich mit zunehmender Überbauung die Grundwasserträger weniger stark auffüllen und somit in Trockenperioden auch weniger an das Gewässer abgeben. Als mögliche Erklärung für den Anstieg der Wassermengen kommt die «Einfuhr» von Trinkwasser aus anderen Einzugsgebieten in Betracht (Zürichseewasser, Grundwasser von der Hard).

Rhone

In allen Fällen werden in diesem 5220 km² grossen Gebiet leichte Trends festgestellt, während die Mittelwasser fallen, steigen die *NNQ*, NQ^{90} und NQ^{95}.

Der Anstieg der Niederwassermengen lässt sich durch den Bau der Stauräume im Wallis erklären. Speicher gleichen Abflussganglinien aus. Getrennte Trendanalysen für die Jahre 1913 bis 1943 und 1944 bis 1974 bestätigen diese Ansicht. Die *NNQ* vor 1943 steigen kaum ($r = 0{,}05$). Nach 1943 hingegen nehmen sie im Durchschnitt jährlich um 1% zu ($r = 0{,}5$, $\alpha = 1\%$). Auch die Mittelwerte für die Perioden vor und nach 1943 sind signifikant voneinander verschieden. Seit 1955 sind NQ^{90} und NQ^{95} durchschnittlich um 2 bis 3% gestiegen ($r = 0{,}6$). Die Darstellung der Trendgeraden mit den Beobachtungswerten und Vertrauensgrenzen findet man in den Bildern 2 und 3. Das Fallen der Mittelwasser könnte mit abnehmender Ablation der Gletscher in Zusammenhang gebracht werden.

Rhein

Keine Anzeichen von Trend zeigen *MQ*, NQ^{90} und NQ^{95}. Die Niedrigstwasserwerte deuten auf eine leichte Abnahme, welche statistisch aber nicht gesichert ist. Die Abflussverhältnisse erscheinen somit für die letzten 18 bis 37 Jahre als stationär.

Die baulichen Auswirkungen in dem rund 36000 km² grossen Einzugsgebiet (Kraftwerke, Verkehrsnetz, Hochbauten bauten, Skipisten, Bachregulierungen) werden vermutlich durch den Bodensee so stark gedämpft, dass sie nicht mehr nachweisbar sind.

Adresse des Verfassers: PD Dr. *P. Widmoser*, Institut für Kulturtechnik der ETH Zürich, derzeit Assoc. Prof. am Civil Engineering Dept., Universität Dar es Salam, P. O. Box 35 131, Tanzania.

Beitrag zur praktischen Berechnung von Durchbiegungen am Eisenbetonträger mit Rechteckquerschnitt

Von **A. Aschwanden** und **E. Snozzi**, Zürich

DK 624.072.2

1. Einleitung

Im Gegensatz zur alten Norm weist die heute gültige Norm SIA 162 (1968) auf die Bedeutung der Verformungen auch an Eisenbetonquerschnitten hin. So fordert sie u.a., dass die auftretenden Verformungen, unter Berücksichtigung der Kriech- und Schwindeinflüsse, sowie der Verminderung der Biegesteifigkeit im Stadium II, keine nachteiligen Einflüsse auf die Konstruktion haben dürfen. Bedenkt man zudem, dass mit der gültigen Norm höhere Stahl- und Betonspannungen zugelassen sind als früher und damit auch schlankere Konstruktionen zur Anwendung gelangen, erkennt man ohne weiteres die erhöhte Bedeutung der Verformungen.

Für die Berechnung dieser Verformungen steht uns eine Fülle von Literatur zur Verfügung. Allerdings setzt deren Studium oft eine zeitraubende Auseinandersetzung mit diesem Thema voraus. Ziel dieses Beitrages ist es, bestehende Theorien so zusammenzufassen und zu vereinfachen, dass es ohne grossen Zeitaufwand möglich sein sollte, einigermassen verbindliche Angaben über die Durchbiegungen einer Eisenbetonkonstruktion zu erhalten. Die Grundlagen für diesen Beitrag stammen aus [1] und [2].

2. Grundlegende Ansätze

Die anfänglichen bzw. nachträglichen Durchbiegungen eines Eisenbetonträgers werden in allgemeiner Form mit folgendem Ansatz erfasst:

$$(1) \quad f_t = f_t^{\mathrm{I}} + \alpha\,(f_t^{\mathrm{II}} - f_t^{\mathrm{I}})$$

Der Index t zeigt den Zeitpunkt an. Also z.B.:

f_0 Durchbiegungen im Zeitpunkt $t = 0$, also ohne Einflüsse von Kriechen und Schwinden.

f_∞ Durchbiegungen im Zeitpunkt $t = \infty$, also nach erfolgtem Kriechen und Schwinden.

Die Grössen f_t, f_t^{I} und f_t^{II} bedeuten:

f_t *totale* Durchbiegungen im Zeitpunkt t

f_t^{I} *totale* Durchbiegungen des Trägers im ungerissenen Stadium im Zeitpunkt t

f_t^{II} *totale* Durchbiegungen des Trägers im gerissenen Stadium im Zeitpunkt t.

Der Faktor α berücksichtigt die Ausdehnung der Rissezonen in der Längsachse des Trägers. α nimmt somit einen Wert zwischen 0 (der Träger wäre dann in keinem einzigen Querschnitt gerissen) und 1 (der Träger wäre in sämtlichen Querschnitten gerissen) an.

Damit wird also für:

$\alpha = 0$ (ungerissener Träger): $f_t = f_t^{\mathrm{I}}$

$\alpha = 1$ (voll gerissener Träger):

$f_t = f_t^{\mathrm{I}} + 1\,(f_t^{\mathrm{II}} - f_t^{\mathrm{I}}) = f_t^{\mathrm{II}}$

Zwecks späterer Vereinfachung der Formeln wird mit dem Ansatz:

$$(2) \quad s_t = f_t^{\mathrm{II}}/f_t^{\mathrm{I}}$$

Gleichung (1) auf die Form

$$(3) \quad f_t = [1 + \alpha\,(s_t - 1)]\,f_t^{\mathrm{I}} \text{ gebracht.}$$