

Texte 49/01

Umweltforschungsplan des Umweltministers für Umwelt, Naturschutz und
Reaktorsicherheit
- Wasserwirtschaft -

Förderkennzeichen (UFOPLAN) 298 22 244
UBA-FB 000204

Methoden der Trendabschätzung zur Überprüfung von Reduktionszielen im Gewässerschutz

PD Dr. habil. Steffen Uhlig und Prof. Dr. Peter Kuhbier

Institut für Statistik und Ökonometrie
Freie Universität Berlin

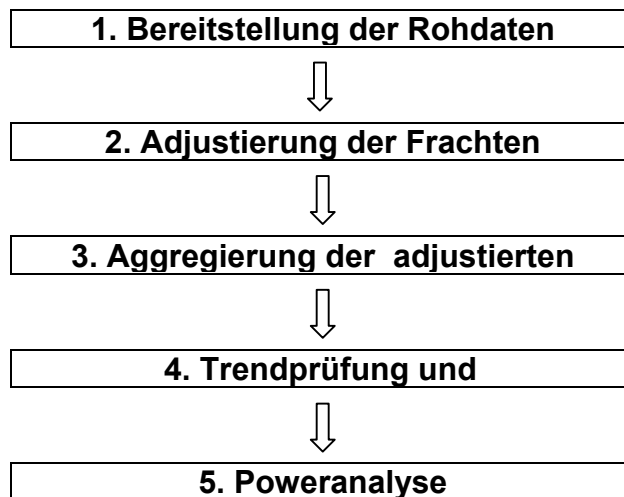
Kurzfassung

Flussfrachten sind in hohem Maße - je nach Substanz – von der Durchflussrate und anderen klimatischen Faktoren abhängig. Um zu verhindern, dass klimatische Einflüsse die Nachweisbarkeit von zeitlichen Trends in diesen Eintragsdaten verschlechtern, ist eine Adjustierung, in der die Eintragsdaten auf ein „durchschnittliches“ (langjähriges) Durchflussniveau umgerechnet werden, erforderlich. Dabei ist festzuhalten, dass klimatische Faktoren nicht nur zu einer Verschlechterung der Trendsensitivität führen, sondern dass unter Umständen durch meteorologische Zyklen Schwankungen der Durchflussmenge verursacht werden, die ihrerseits artifizielle Trends in den Frachtwerten induzieren. Diese werden selbst dann beobachtet, wenn keinerlei anthropogene Trends vorhanden sind. Daher muss speziell bei kürzeren Reihen damit gerechnet werden, dass statistische Trendtests in unzulässiger Weise das vorgegebene Signifikanzniveau überschreiten.

Gegenstand des Vorhabens ist daher ein Konzept für die Adjustierung und Trendanalyse dieser Eintragsdaten. Gemäß der unten wiedergegebenen Abbildung erfolgt die Adjustierung auf der Basis der Rohdaten. Die adjustierten Frachten sind dann zu Jahresfrachten zusammenzufassen, bevor die Trendanalyse auf der Basis der adjustierten Jahresfrachten erfolgt. Abschließend ist im Rahmen einer Power-Analyse die Trendsensitivität des Verfahrens zu überprüfen. Letzteres ist besonders dann bedeutsam, wenn kein Trend festgestellt werden konnte.

Die Verwendung von Jahreswerten anstelle von Einzelwerten hat den Nachteil einer theoretisch geringeren Effizienz (Power) zur Schätzung und Identifizierung eines Trends. Dem steht der Vorteil einer einfacheren Handhabung und einer einfacheren statistischen Methodik gegenüber. Zu beachten ist dabei, dass aufgrund der großen Zahl der auszuwertenden Messreihen ein automatisches Verfahren benötigt wird, so dass für die Trendanalyse eine individuelle Anpassung eines komplexen zeitreihenanalytischen Modells nicht möglich erscheint.

Konzeptionelle Vorgehensweise zur Adjustierung und Trendanalyse



Die Methodik der Frachtadjustierung ist durch die zugrundeliegende CQ-Funktion (Konzentration-Durchfluss-Funktion) bzw. die zugehörige LQ-Funktion (Fracht-Durchfluss-Funktion) bestimmt. Für viele Parameter gilt ein monotoner Zusammenhang zwischen Durchfluss und Fracht, wobei angenommen werden kann, dass die LQ-Beziehung (Fracht-Durchfluss-Beziehung) in erster Näherung linear ist, und gleichbedeutend hiermit ist die Annahme, dass die CQ-Beziehung (Konzentrations-Durchfluss-Beziehung) in erster Näherung durch eine lineare Funktion des Reziprokwertes des Durchflusses ($1/Q$) beschrieben werden kann. Diese lineare Beziehung zwischen Durchfluss und Fracht ist die Grundlage folgender im Rahmen des Vorhabens untersuchten Methoden:

- Nichtparametrische Glättung nach Stalnacke (Methode N)
- Schätzverfahren von Hebbel (Methode H)
- Lokale Regression mit Saison (Methode L1)
- Lokale Regression mit Saison und verzögertem Durchflusseffekt (Methode L2)
- Lokale Regression mit Temperatur und verzögertem Durchflusseffekt (Methode L3)
- Lokale Regression mit Saison, Temperatur und verzögertem Durchflusseffekt (Methode L4)

Weiterhin wurden nichtlineare Beziehungen zwischen Durchfluss und Fracht mit den folgenden Methoden untersucht:

- Schätzung mittels Splines (Methode S1)
- Schätzung mittels dynamischer Splines (Methode S2)

Zum Vergleich zu den oben dargestellten Adjustierungsmethoden wurde zusätzlich eine Berechnung normierter Jahresfrachten auf der Grundlage des TRANSPOS-Programms durchgeführt und die OSPAR-Fracht auf das Langzeitmittel des Durchflusses normiert (Methode AO).

Die genannten Verfahren wurden an sieben Parametern ($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, P_{total} , $\text{PO}_4\text{-P}$, Cd, Pb und Schwebstoffkonzentration) getestet, die vierzehntägig im Rhein bei Lobith und monatlich in der Ems bei Herbrum vorlagen. Für den Rhein ermöglicht die Verwendung adjustierter Frachten anstelle nichtadjustierter Werte eine erhebliche Verbesserung der Trendsensitivität bei $\text{NO}_3\text{-N}$, P_{total} und Schwebstoffgehalt, während bei den anderen Parametern nur kleine Unterschiede festgestellt werden konnten. Hingegen führt die Verwendung von jährlichen Konzentrationsmittelwerten zu einer Verringerung der Trendsensitivität. Für die Ems ermöglichen adjustierte Frachten und jährliche Konzentrationsmittelwerte gegenüber nichtadjustierte Frachten für alle Nährstoffe eine höhere Trendsensitivität.

Generell bestätigen die durchgeführten Auswertungen die Praktikabilität der hier entwickelten Adjustierungskonzeption, wobei jedoch keine Methode für alle Flüsse und Substanzen als optimal erscheint. Gegenwärtig gibt es keine Adjustierungsmethode, die universell für alle Parameter, Flüsse und Messstellen einsetzbar wäre. Daher sollte jeder Parameter separat betrachtet werden.

Zur Berechnung von anthropogenen Trends in Nährstofffrachten wird empfohlen, adjustierte Frachten versuchsweise auf breiter Basis anzuwenden. Dabei ist Methode L1 der Vorzug zu geben, wenn Einfachheit und Robustheit der Methodik primäre Auswahlkriterien sind. Für eingehendere Untersuchungen einzelner Flüsse zu Reduktionsmaßnahmen empfiehlt sich eine Adjustierung auf Basis eines spezifisch angepassten statistischen Modells.

Eine abschließende Empfehlung hinsichtlich einer Adjustierung von Schwermetallfrachten kann aufgrund der kurzen Zeitreihen und wegen möglicher chemisch-analytischer Probleme noch nicht vorgenommen werden. Es wird jedoch vorgeschlagen, unter Einbeziehung neuerer Messreihen und weiterer Flussgebiete eine eingehende Untersuchung hinsichtlich der Möglichkeiten einer Adjustierung der Schwermetallfrachten vorzunehmen. Es wäre auch zu prüfen, ob möglicherweise eine zusätzliche Adjustierung bezüglich der Schwebstoffkonzentration zweckmäßig ist.

Generell sollte eine Trendanalyse nur dann erfolgen, wenn die Daten von mindestens sieben Jahren zur Verfügung stehen. Dies gilt nicht nur bei Verwendung adjustierter Frachten, sondern auch bei Verwendung von nichtadjustierten Frachten bzw. bei Verwendung von Konzentrationsmittelwerten, da nicht ausgeschlossen werden kann, dass scheinbare Trends durch meteorologische Zyklen verursacht werden.

Die Berechnung der aktuellen Jahresfracht sollte nicht auf Basis adjustierter Frachten erfolgen, sondern kann auch weiterhin anhand der OSPAR-Formel vorgenommen werden. Dabei ist allerdings zu beachten, dass speziell bei Flüssen mit stark ausgeprägter Saisonalität erhebliche Schätzfehler auftreten können. Es wird daher

empfohlen, die Methodik zu überprüfen und unter Einbeziehung der CQ-Funktion und der täglichen Durchflussreihe zu überarbeiten.