

Sonderdruck: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Göttingen 1976.

INTERKORRELATIONSMUSTER VON NÄHRSTOFFEN IN VERSCHIEDENEN EINZUGSGEBIETEN

W. SYMADER

Abstract

Judging water pollution by nutrients from the amounts of single water quality parameters does not use the complete information of measured data. This is why another point of view, using patterns of intercorrelations, should be applied to water quality review additionally. Twenty-four watersheds of the Northern Eifel mountains and the bordering loess zone could be clustered by these intercorrelations. Seven types of watersheds were distinguished. The additional information of patterns of intercorrelation can show the dominant source of nutrients, even if there is more than one dominant source. Moreover, the number of parameters that must be analysed can be optimized.

Zur Bewertung der Nährstoffbelastung eines Gewässers wurden in der Vergangenheit (M. Klett 1965, J. Hoffmann 1974) meist nur die Absolutwerte der Konzentrationen bzw. Frachten oder Austräge und deren Abhängigkeit von natur- und kulturräumlicher Ausstattung herangezogen. Die einzelnen Nährstoffe wurden getrennt behandelt, wobei der Schwerpunkt meist auf den Phosphorverbindungen lag. Da aber alle Nährstoffe gleichzeitig gemessen werden, wird bei diesem Blickwinkel der Teil der Information verschenkt, der Auskunft über wechselseitige Abhängigkeiten gibt. So lassen sich Fragen nach der dominanten Nährstoffquelle oder nach einem optimalen Meßprogramm nur über diese Abhängigkeiten beantworten.

Von 1972 bis 1974 wurden in 24 Einzugsgebieten der Nordeifel und angrenzenden Bördenzone neben Prediktoren wie Abfluß, Niederschlag, Wassertemperatur etc. 13 Gewässerkenngrößen, im folgenden kurz Nährstoffe genannt, bestimmt. Das Meßprogramm umfaßte Bestimmungen von PO_4 , NO_3 , NH_4 , Na, K, Ca, Cl, SO_4 , O_2 , pH, elektr. Leitf., Trübe (420 nm) und Schwebstoff.

Zur Untersuchung der stochastischen Abhängigkeiten der Nährstoffe wurde eine Hauptkomponentenanalyse verwendet, die man als Sortierungsverfahren der Information einer Korrelationsmatrix verstehen kann. Für den statistischen Hintergrund sei auf K. Überla (1971) verwiesen.

Es zeigte sich, daß sich aufgrund der rotierten Hauptkomponentenmatrix sieben verschiedene Typen von Einzugsgebieten in Abhängigkeit ihrer natur- und kulturräumlichen Ausstattung unterscheiden ließen, deren Interkorrelationsmuster kurz besprochen werden sollen.

1. In naturnahen Einzugsgebieten agieren alle Nährstoffe weitgehend unabhängig voneinander, treten also in verschiedenen Hauptkomponenten auf, da eine dominante Nährstoffquelle fehlt. Erst mit zunehmender anthropogener

Nutzung schälen sich Strukturen heraus. In diese Gruppe fallen alle Wald- und Gründlandstandorte, die nicht gedüngt werden.

2. Für Einzugsgebiete starker Düngungsbeeinflussung ist eine enge Abhängigkeit der Nährstoffe untereinander bei gleichzeitiger Unabhängigkeit von den gemessenen Prediktoren kennzeichnend, da der Zeitpunkt der Mineraldüngung entscheidend für den Verlauf der Gewässerbelastung ist.

3. Der Typ des agrarisch geprägten Einzugsgebietes soll am Beispiel des Pegels Kall (Urft) exemplarisch behandelt werden.

Die Tabelle, in der alle Hauptkomponentenwerte unter 0.4 der Übersichtlichkeit wegen ausgelassen wurden, zeigt, daß bereits fünf Hauptkomponenten ausreichen um 70% der Gesamtvarianz zu erklären. Die einzelnen Varianzanteile sind in der obersten Zeile angegeben. Die Hauptkomponenten lassen sich wie folgt deuten:

Die erste Hauptkomponente mit hohen Ladungen durch Trübe und Schwebstoff repräsentiert die Erosion. Die mittlere Ladung des pH-Wertes mit umgekehrtem Vorzeichen läßt sich durch Ausspülung von Huminsäuren erklären, obwohl der pH-Wert auch durch andere Faktoren gesteuert wird, wie die zweite Hauptkomponente zeigt. Hier ist wie in der ersten der Abfluß das entscheidende Agens. Außer erosionsfördernd wirkt er photosynthesehemmend, d.h. pH-senkend und verringert die Ca-Konzentration durch Verdünnungseffekt, was sich ebenfalls im pH-Wert niederschlägt.

Häusliches Abwasser, hier als Kochsalzeinleitung, prägt die dritte Hauptkomponente. Neben den hohen Ladungen von Na und Cl sprechen für diese Deutung die mittlere Ladung des Phosphats, die Unabhängigkeit vom Abfluß (gemeinsames Verhalten aufgrund von Abflussschwankungen kann also ausgeschlossen werden) und eine Umrechnung in Equivalentgewicht, die nur bei Spitzenwerten noch auf eine weitere Natriumquelle hinweist.

Mit mittlerer Ladung tritt PO_4 auch noch in der vierten Hauptkomponente

Varimaxrotierte Hauptkomponentenmatrix, Pegel Kall

Varianz %	17.8	16.6	16.0	11.1	8.5	SU = 70.0%
PO_4			0.48	0.59		
NO_3						
NH_4					0.97	
Trübe	-0.93					
Schweb	-0.95					
Na			0.88			
K				0.96		
Ca		-0.62				
Cl			0.96			
SO_4						
Leitf.		-0.89				
O_2		-0.42				
pH	0.43	-0.76				

in Verbindung mit Kalium auf, gelangt also nicht nur mit dem Abwasser, sondern auch mit der Oberflächenabspülung in den Vorfluter.

Dieses Interkorrelationsmuster trat in fünf Einzugsgebieten geringer Siedlungsbeeinflussung (Fläche kleiner 4%) auf. Der für diesen Typ so wichtige Vorgang der Oberflächenabspülung läßt sich durch die Darstellung der verschiedenen starken Interkorrelationen aller beteiligten Größen leicht veranschaulichen. Die unterschiedliche Strichstärke soll nur eine Rangfolge der Korrelationen angeben. Eine Zuordnung zu bestimmten Signifikanzniveaus wurde in diesem idealisierten Schaubild vermieden.

Sowohl Erosions- als auch Abspülvorgänge erhöhen Trübe und Schwebstoffgehalt, wobei feine Partikel die Trübe prozentual stärker erhöhen als den Schweb, der durch grobe Partikel stärker beeinflusst wird.

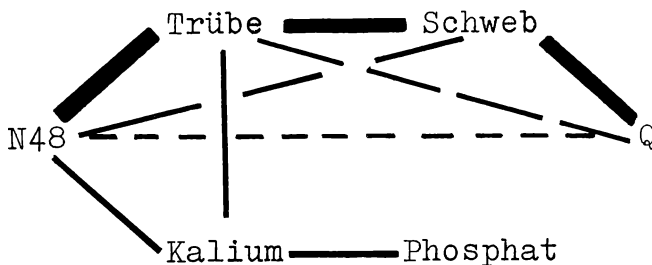
Sommerliche Niederschläge führen kaum zu einer Erhöhung des Abflusses, weil der trockene Boden das Wasser abfängt (Ausnahme Gewitterregen). So werden im Sommer nur aus vorfluternahem Bereich feine Bodenpartikel eingespült, was sich nur in der Trübe, kaum im Schweb niederschlägt. An diese feinen Partikel sind PO_4 und K gebunden, die so ebenfalls in das Gewässer gelangen.

Im Winter führen schon geringere Niederschläge zu Abflußerhöhungen und Betterosion, d.h. erhöhtem Schwebstoffgehalt. Aus diesen Gründen ist die Trübe stärker mit dem Niederschlag korreliert und der Schweb mit dem Abfluß.

Das Einzugsgebiet Kall wurde als Beispiel gewählt, da sich hier zeigen läßt, wie sich Abwassereinleitung und Oberflächenabspülung in ihrer Wirkung auf den Phosphateintrag trennen lassen.

4. In Einzugsgebieten stärkerer Erosionsgefährdung ist die Korrelation zwischen PO_4 , Kalium, Schwebstoff und Trübe enger. Zusätzlich wird NH_4 eingespült. Einzugsgebiete dieses Types treten in der erosionsgefährdeten Mechnicher Triasbucht auf und auf der Hochfläche, wo ein der Erosion ähnlicher Effekt durch überreichen Wirtschaftsdüngerauftrag erreicht wird.

5. In Einzugsgebieten mit fäkaler Belastung (Siedlungsfläche um 5%) tritt die Erosion in ihrer Bedeutung für den Nährstoffgehalt zurück. Fäkale Abwässer spiegeln sich mit hohen PO_4 und NH_4 Ladungen in der ersten Hauptkomponente wider. Da diese Abwässer auch reich an organischer Substanz sind, wird diese Hauptkomponente auch vom Sauerstoff mit entgegengesetzter mittlerer Ladung versehen.



Daß Interkorrelationsmuster und absolute Belastung nicht immer konform gehen, macht das Einzugsgebiet Hellenthal deutlich (Pretherbach), das mit einer mittleren PO_4 Belastung von 0.17 mg/l kaum verschmutzt ist, dennoch das gleiche Bild wie Morenhoven (Swist) – mittlere PO_4 Belastung 9.3 mg/l – aufweist. Die geringe Belastung des Pretherbachs stammt von Campingplätzen, die den Vorfluter zwar nur gering, aber deutlich mit Fäkalien belasten.

6. Mit steigender anthropogener Beeinflussung tritt die mineralische Belastung stärker in den Vordergrund. Bei wenigen aber bedeutenden Einleitern läßt sich keine Abhängigkeit der Nährstoffbelastung vom Abfluß erkennen, da der Einleitungsrythmus die Varianz erklärt.

7. Erst bei noch stärkerer Belastung überlagern sich die einzelnen Einleitungen und bewirken eine kontinuierliche Belastung, die mit dem Abfluß schwankt.

Zusammenfassung

Über Interkorrelationsmuster lassen sich Aussagen machen, die bei einer Betrachtung der Absolutwerte allein nicht möglich sind.

1. So genügen punktuelle Sauerstoffmessungen (anstatt 24 h Messungen) zur Beurteilung von Photosynthese und Abbauvorgängen, wenn andere Hilfsgrößen (pH-Wert, Ca, Abfluß) mitgemessen werden.

2. Als dominante Nährstoffquellen können Düngung, Oberflächenabspülung, Erosion, fäkale und verschiedene mineralische Abwässer auch bei Überlagerung voneinander unterschieden werden unabhängig von der absoluten Belastung.

3. Es kam zum Ausdruck, daß der Prediktor Niederschlag in kleineren Einzugsgebieten eine mindestens so wichtige Variable ist wie der Abfluß.

4. Interkorrelationsmuster bieten einen neuen Ansatz zur Gewässersystematik, der neben Aussagen über die dominanten Nährstoffquellen hilft, ein optimales Meßprogramm zu erstellen. So ist es z.B. unökonomisch bei fäkalen Abwässern PO_4 und NH_4 gleichzeitig zu messen.

Zur Beurteilung einer Gewässerbelastung durch Nährstoffe gehören also zwei Gesichtspunkte: absolute Belastung und Interkorrelationsmuster.

Literatur

Hoffmann, J. (1974): Die Wasserqualität von Vorflutern in Mittelgebirgslandschaften in Abhängigkeit von der naturräumlichen Ausstattung unter besonderer Berücksichtigung des Phosphateintrages. Diss. Gießen.

Klett, M. (1965): Die boden- und gesteinsbürtige Stofffracht von Oberflächengewässern. *Arb. d. Landw. Hochsch. Hohenheim* 35. Ulmer: Stuttgart.

Symader, W. (1976): Multivariate Nährstoffuntersuchungen zu Vorhersagezwecken in Fließgewässern am Nordrand der Eifel. *Kölner Geogr. Arb.* 34.

Überla, K. (1971): Faktorenanalyse 2. Auflage, Springer: Berlin.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Wolfhard Symader, Geographisches Institut der Universität Köln, Köln.